

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-211722

(43)Date of publication of application : 11.08.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/321
H01L 21/60

(21)Application number : 06-007079

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.01.1994

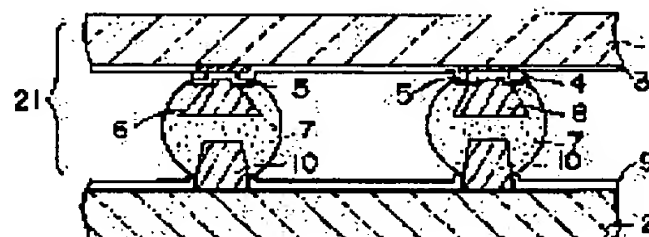
(72)Inventor : YAMADA HIROSHI
SAITO MASAYUKI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS PACKAGING STRUCTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance the reliability upon the semiconductor device by increasing the level of the fine bump electrodes on a semiconductor chip for optimizing the material composition of the bump electrode to be formed.

CONSTITUTION: The semiconductor device is provided with a metallic thin film 5 formed on bonding pads 4 of a semiconductor chip, the bump electrodes comprising the first metallic layer 6 and the second metallic layer 7 projectively formed on the metallic thin film 5 while the second metallic layer 7 contains 40wt.% of carbon, 30wt.% of sulfur and 10wt.% of oxygen. This semiconductor device is to be flip-chip packaged on the electrode pads 10 of a circuit wiring substrate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-211722

(43) 公開日 平成7年(1995)8月11日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/321				
21/60	3 1 1 S	6918-4M		
			H 0 1 L 21/ 92	C
				D
				B
			審査請求 未請求 請求項の数 4	O L (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願平6-7079

(22) 出願日 平成6年(1994)1月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山田 浩

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 斉藤 雅之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

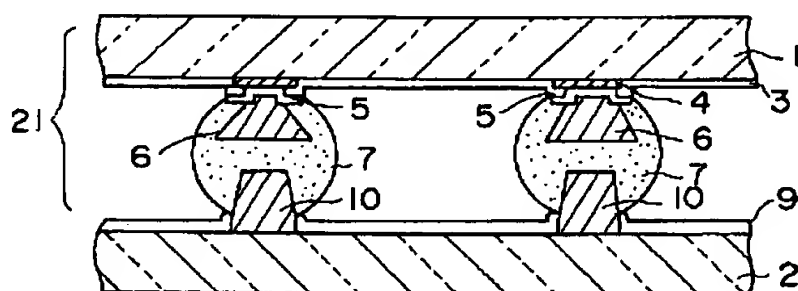
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置実装構造体

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 半導体チップ上の微細なバンプ電極の高さを高くし、形成するバンプ電極の材料構成を適切化することにより、信頼性を向上させる。

【構成】 半導体チップのボンディングパッド4上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜5上に突出して形成された、第1の金属層6及び第2の金属層7からなるバンプ電極とを具備し、前記第2の金属層は、 10^{-4} ~40重量%の炭素、 10^{-4} ~30重量%の硫黄、及び 10^{-4} ~10重量%の酸素を含有することを特徴とする半導体装置。この半導体装置は、回路配線基板の電極パッド10にフリップチップ実装される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第 1 の金属層及び第 2 の金属層からなるバンプ電極とを具備し、前記第 2 の金属層は、 10^{-4} ～40 重量%の炭素、 10^{-4} ～30 重量%の硫黄、及び 10^{-4} ～10 重量%の酸素を含有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第 1 の金属層及び第 2 の金属層からなるバンプ電極とを具備する半導体装置を、回路配線基板の電極パッドにフリップチップ実装した実装構造体であって、前記第 1 の金属層と前記電極パッドとは前記第 2 の金属層を介して接続され、前記第 2 の金属層の、前記第 1 の金属層と前記電極パッドとの間の部分は、前記第 2 の金属層の他の部分とは異なる密度を有することを特徴とする半導体装置実装構造体。

【請求項 3】 半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第 1 の金属層及び第 2 の金属層からなるバンプ電極とを具備する半導体装置を、回路配線基板の電極パッドにフリップチップ実装した実装構造体であって、前記第 1 の金属層は、前記第 2 の金属層中に覆われ、前記第 2 の金属層は、この第 2 の金属層とは異なる第 3 の金属層を介して前記電極パッドと接続されていることを特徴とする半導体装置実装構造体。

【請求項 4】 半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第 1 の金属層及び第 2 の金属層からなるバンプ電極とを具備する半導体装置を、回路配線基板の電極パッドにフリップチップ実装した実装構造体であって、前記第 1 の金属層と前記電極パッドとは前記第 2 の金属層を介して接続され、前記第 1 の金属層は、逆台形状であり、前記電極パッドの厚さは $20\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする半導体装置実装構造体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体チップ上にバンプ電極を有する半導体装置、及びバンプ電極を有する半導体装置を回路配線基板にフリップチップ実装した半導体装置実装構造体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置は高集積化が進行し、実装技術も高密度化が求められている。半導体装置の高密度実装技術には、ワイヤボンディング技術、TAB 技術などが代表的には挙げられるが、最も高密度の実装技術として、近年、フリップチップ実装技術が、コンピュータ機器などの半導体装置を高密度に実装する技術として多く用いられている。このフリップチップ実装技術

は、米国特許第 3,401,126 号及び同第 3,429,040 号が開示されて以来、広く公知の技術となっている。

【0003】フリップチップ実装技術は、図 67 に示すように、半導体装置 1 のボンディングパッド 4 上に、突起形状を有するバンプ電極 42 を形成し、このバンプ電極 42 を介して、半導体装置 1 のボンディングパッド 4 と回路配線基板の電極パッドとを電氣的及び機械的に相互接続する技術である。なお、図 67 において、参照符号 3 はパッシベーション膜を、5 はバリアメタルとなる金属薄膜をそれぞれ示す。

【0004】フリップチップ実装では、半導体装置の構成材料と、半導体装置を実装する回路配線基板の構成材料が異なるので、半導体装置の熱膨張係数と回路配線基板の熱膨張係数とは、互いに異なるのが一般的である。従って、半導体装置の動作中に発熱した熱量がバンプ電極を通して回路配線基板に伝達し、熱膨張係数の相異に起因する変位が半導体装置と回路配線基板に発生する。発生した半導体装置と回路配線基板の変位は、半導体装置と回路配線基板とを接続するバンプ電極に応力歪みを発生させる。

【0005】また、熱膨張係数の相異に起因する変位による応力歪みは、発熱した半導体装置が冷却した場合にも発生する。更に、外部温度雰囲気温度差が生じた場合においても、上述と同様の応力歪みはバンプ電極部に発生する。バンプ電極部の応力歪みは、フリップチップ実装されたバンプ電極を破壊させることになり、信頼性寿命を低下させる。

【0006】このようなバンプ電極部に発生する応力歪みは、従来、以下に示す手段を用いることにより解決されてきた。

【0007】(1) 半導体装置の中心点からバンプ電極の中心点までの距離を小さくすること。

【0008】(2) 半導体装置の熱膨張係数と回路配線基板の熱膨張係数との差を小さくすること。

【0009】(3) 温度変化が大きくならない様に放熱性を向上させること。

【0010】(4) 半導体装置と回路配線基板の隙間に樹脂を充填して、フリップチップ実装の構造を強固にすること。

【0011】(5) バンプ電極構造を、発生する応力歪みを十分に吸収できる構造にすること。

【0012】即ち、IBM J. Res. Develop., 13; 251 (1969) に記載されているように、信頼性寿命は、 $N_f = C f^{1/3} \gamma_{\max} \cdot \exp(1428/T_{\max})$ で表されるサイクル寿命の式 (C; 定数、f; 周波数、 T_{\max} ; 最大温度) から、バンプ部分に発生する最大剪断歪み γ_{\max} を減少させることにより、信頼性寿命が向上することが知られている。

【0013】更に、信頼性寿命の式に示すバンプ電極部

分に発生する最大剪断歪みは、以下の式で表される。

$$[0014] \quad \gamma_{\max} = \{1 / (D_{\min} / 2)^{2/\beta}\} (V / \pi h^{1+\beta})^{1/\beta} \cdot d \cdot \Delta T \cdot \Delta \alpha$$

(D_{\min} ; 最小バンプ径、 β ; 材料定数、 V ; はんだ体積、 h ; はんだ高さ、 $\Delta \alpha$; 熱膨張係数の差、 ΔT ; 温度差、 d ; チップ中心からバンプ中心までの距離) 従って、フリップチップ実装の信頼性を向上させるには、バンプ電極部分の応力を緩和する上述の(1)～(5)の手段により実現可能である。

[0015] 例えば、バンプ電極の配置を変更して、半導体装置の中心点からバンプ電極の中心点までの距離を小さくする(1)の方法は、特願平4-19855号公報において提案されている。この方法は、通常、ワイヤーボンディングを行うためにレイアウトされたボンディングパッドを、ポリイミド多層配線技術を利用して半導体チップ上に再レイアウトする方法であり、温度サイクルに起因する変位量を小さくする提案である。

[0016] 回路配線基板の材料を考慮して熱膨張係数を半導体装置の熱膨張係数と類似または一致させる

(2)の試みは、回路配線基板材料をシリコンにする、又はAlNにするなどの試みとして、特に、MCM (Multichip Module) 技術において広く公知の技術になっている。

[0017] フリップチップ実装した半導体装置の温度変化を小さくし、発生する変位量を小さくする(3)の方法は、半導体チップの裏面に放熱フィンを設けることで解決することが出来、多くの提案が行われているが、例えば、特開昭58-23462号公報に、半導体装置の裏面に放熱フィンを搭載した一例が記載されている。

[0018] 温度差に起因して発生する変位に対して、フリップチップ実装体構造を強固にするために、半導体装置と回路配線基板の隙間に樹脂を充填する方法(4)としては、例えば、樹脂を充填する方法(特開昭61-194732号公報)、紫外線硬化樹脂を封止する方法(特開昭62-252946号公報)、常温硬化樹脂で隙間を封止する方法(特開昭63-13337号公報)、更に、封止する樹脂の物性を最適にする方法(特開平4-219944号公報)等、多くの方法がある。

[0019] また、バンプ電極に加わる応力歪みは、上述した剪断歪みの式からも明らかなように、材料の定数に対しても依存しているため、はんだ材料定数を最適範囲内に限定する提案が行われている。はんだ材料については、Proc. 26th ECC, 67, (1976)に記載されているように、温度サイクルに関してはPb-5%Sn系合金が信頼性に対して有効であるとする報告が行われているが、一方では、特開昭61-65442号公報及び特開昭61-80828号公報に記載されているように、Snの含有量を65～80%、又は50%にすることが望ましいなどの多くの報告がなされており、実情に即した方法で応力緩和が行われている。

[0020] 更に、フリップチップ実装のバンプ電極に加わる歪みは、上述の剪断歪みの式から明らかなように、バンプ高さに反比例して減少し、信頼性寿命はバンプ高さと共に増加する。従来は半導体装置のI/Oピンが比較的少ない場合においてフリップチップ実装が適応されてきたため、比較的容易にバンプ高さを高くすることができた。

[0021] ところが、近年の半導体装置の高集積化に伴うI/Oピンの増加は、バンプ電極の直径の減少を引き起こすため、はんだの表面張力を利用してバンプ高さを高くする従来の方法では、バンプ電極の直径の減少に伴い必然的にバンプ高さが減少することになり、結果的に応力歪みに対する信頼性が低下するという深刻な問題が発生してきた。基板がセラミック基板、AlN基板、シリコン基板の様な場合には問題が大きくないが、例えばガラスエポキシ基板のような、比較的熱膨張係数が高い場合は、特に問題が大きい。

[0022] バンプ電極を半導体チップ上にエリア配置する方法が、Microelectronics Packaging handbook (1989)に記載されている。この方法は、予めエリア配置してあるボンディングパッド上にバンプ電極をエリア化する方法である。バンプ電極をエリア配置することで、バンプサイズを大きくすることができ、バンプ高さを高くすることができる。しかし、極めて高集積化したチップサイズの小さな半導体装置上に、サイズの大きなバンプ電極を配置するには限界があり、結果的にはバンプ高さを高くできないという問題があった。

[0023] バンプ高さを高くする方法としては、特開昭62-117346号公報に記載されているように、代表的には、ポリイミドテープを介在させた多段構造のバンプ電極構造が提案されている。この方法によると、バンプ高さを高くできるため、従来技術に比較して信頼性寿命を向上させることが可能になったものの、ポリイミドテープを用いるバンプ形成が複雑かつ困難であり、高度な技術を要するとともに、多段化に伴い工程が増加し、電極形成に費やすためのコストを上昇させていた。

[0024] 次に、バンプ電極に発生する応力歪みを充分吸収可能とする(5)の方法について、以下に詳細に説明する。

[0025] 回路配線基板にフリップチップ実装する半導体装置上のバンプ電極は、リフローするときに、半導体装置自体の荷重により、通常は図68に示すような太鼓型構造を有する。米国特許第3,401,126号は、太鼓型バンプのバンプ構造を示す図面を記載している。更に、特開昭60-38839号公報は、太鼓型となるバンプに関して、発生する応力歪みを減少させるために、応力発生方向に対して楕円形状となる構造を提案している。なお、図68において、参照符号2は回路配線基板を、8は回路配線基板の電極パッドを、9は、ソ

ルダレジスト又は回路配線基板の保護膜を、11は回路配線基板の電極バリアメタルをそれぞれ示す。

【0026】また一方では、バンプに加わる応力歪みは、バンプ構造自体を破壊させるとともに、バンプ金属とバリアメタルとの接触付近で剥離を生じさせる。この剥離は、バンプ金属とバリアメタル部分で集中する応力歪みが、特に太鼓型バンプで大きいことに起因している。このバリアメタル付近に集中する応力を緩和する手段として、特開昭59-5637号公報は、図69に示すような、バンプ42をつづみ型にする構造を提案している。

【0027】バンプ構造をつづみ型にするのは、最も応力歪みが集中しやすいバリアメタル部分でのバンプ構造強化を実現できるためである。従って、バンプ電極構造をつづみ型にする方法として、これまで多くの提案が実施されている。特開昭62-139386号公報は、バンプ高さ制御ピンにより太鼓型バンプをつづみ型にする方法、特開昭62-156745号公報は、半導体チップを引張ることによりバンプ構造をつづみ型にする方法、特開昭60-119737号公報は、体積の大きなはんだを支持体としてバンプをつづみ型にする方法、特開昭62-206843号公報は、スペーサを用いてバンプ構造をつづみ型にする方法について、それぞれ記載している。

【0028】バンプ電極の構造をつづみ型にする特殊な方法として、特開昭62-117346号公報、及び特開昭59-218744号公報には、バンプ金属の構成を高融点金属層と低融点金属層の2層の組合わせとしてリフローするときに、構造をつづみ型にする方法が提案されている。

【0029】更に、米国特許第3,303,393号には、バンプ電極構造をつづみ型にするとともに、バンプ電極高さを高くすることが可能な銅ボールをはんだ中に配置させた構造が記載されている。ところがこの方法は、銅ボールの配設によりバンプ高さは高くできるものの、銅ボールを用いることにより、バンプ径とバンプ高さとの比で表されるアスペクト比が1となり、必要なバンプ高さを確保しようとする場合は、バンプ径の小さな微細構造を有するバンプ電極を形成することができないという問題があった。

【0030】即ち、上述の剪断歪みの式から明らかなように、たとえ、つづみ型バンプを構成しても、フリップチップ実装構造体の信頼性寿命を向上させるためには、高さの高いバンプ電極形成が求められるため、信頼性上問題がある方法であった。このバンプ電極の断面構造は、IBM J. Res. Develop., 13; 231 (1969) に詳細に記載されている。

【0031】また、特開平5-235102号公報に記載する図70に示す構造は、バンプ電極7の内部にマッシュルーム型の金属柱材6を配設させたものである。こ

の構造では、マッシュルーム型金属柱材6の高さを高くすることにより、バンプ電極7の高さを高くすることが可能である。更に、この構造によると、米国特許第3,303,393号に記載するような球状の柱材を使用していないため、放熱性に優れ、引き抜き強度が向上するという効果を有している。

【0032】ところがこの提案は、マッシュルーム型の形状の制御が困難であり、寸法制御を厳密に行わないと、マッシュルーム型内部金属の上部寸法が、相互接続する回路配線基板の電極パッド寸法を越えてしまい、必ずしも十分に微細化できないという問題があった。

【0033】そこで、特開昭60-57957号公報では、図71に示す様に、アスペクト比の高い銅ボール6をバンプ金属7中に配設して、高さの高いバンプ7を形成するとともに、バンプ形状をつづみ型にして信頼性を向上させる提案を行っている。ここで、図71(a)はバンプ電極高さを高くした場合、図71(b)は銅ボール寸法を図71(a)よりも小さくしてバンプ電極高さを小さくした場合、図71(c)は形成するはんだ量を調整してバンプ電極形状を太鼓型にした場合の構造をそれぞれ示す。

【0034】この提案は、バンプ電極が破壊しても銅ボールで接続が可能であることと、半導体チップ及び回路配線基板の各々にボールを設けているので信頼性が向上することと、バンプ電極高さと形状をコントロールできることを効果に挙げている。ところが、この構造は、銅ボールを使用して回路配線基板と半導体装置を接続しているために、銅ボールの高さが均一でない場合は接続不良が発生するとともに、極めて強固な接続構造となっているために、温度サイクルにより発生する変位に起因する応力歪みを逆に緩和できないという重大な問題を有している。

【0035】即ち、バンプ材料がはんだのみで形成されている場合は、バンプ電極の高さを高くすることでバンプ電極の変形が容易に起こり、応力歪みを十分に緩和できるものであるが、中心部分に固い金属材料である銅が配設されていると、バンプ電極の変形が発生しにくくなり、逆に応力歪みに対して信頼性が向上しないものである。

【0036】更に、この構造は、特開昭60-57957号公報の実施例中に記載されている方法では、その製造が極めて困難である。即ち、PGA(Pin Grid Array)のピン取付け方法では、I/Oピン数が増加するのに伴い製造時間が延長され、コストが向上する。マスク蒸着方法では、高さの高いボールを形成するには製造時間が長くかかる。更に、メッキを用いる方法では、半導体装置側と回路配線基板側のボールを密着性良く強固に固定することは不可能であり、コネクタ形状にすることも極めて困難を伴う。また、バンプ構造は、太鼓型、つづみ型のいずれにおいてもその構造が記載さ

れているが、形状制御は接続部分を構成するはんだの量で行うことになると考えられ、実用上困難が伴う。

【0037】また、図72は、バンプ電極内部に配置する銅の形状を逆台形状にして上面を湾曲させた構造を示す。この構造の詳細は、1992年電子情報通信学会秋季大会予稿集p5-13に記載されている。この文献に示す図では、バンプ電極内に配置する銅の上部を弧状としているため、逆台形状に近い形状となっているが、バンプ電極を構成するはんだの組成及び物性、更に寸法形状については、特に考慮していないため、信頼性寿命は必ずしも十分な結果が得られていなかった。

【0038】以上説明した、バンプ電極内部に剛性金属を配設する構造では、バンプ電極の高さを高くしてもバンプ電極の変形が十分に生じないため、発生する応力歪みに対する問題は、米国特許第3,303,393号及び特開平5-235102号公報においても、当然に含まれている。

【0039】また、近年の半導体装置の高集積化に伴い微細化するバンプ電極は、フリップチップ実装する工程前におけるバンプ電極の強度的な信頼性に対しても影響を与える。例えば、半導体装置上に形成されるバンプ電極は、バンプ電極形成後において圧縮応力を内在しているため、バンプ電極が微細化すると、フリップチップ実装工程前において、バンプ電極自体がバリアメタル部分での応力により破壊するという問題があった。

【0040】特開昭59-121955号公報は、特にバリアメタル部分での残留応力に対する剥離の問題の解決策を提案するものであり、バリアメタル金属に酸素が分散したチタンを用いて引張応力を緩和する方法である。チタンを接着金属として用いるバリアメタル構造は、基本的に引張応力を内在しているが、酸素を分散させたチタン薄膜が圧縮応力を内在していることを発見し、この酸素分散チタン膜をバリアメタルに応用して、引張応力に起因する剥離不良を減少させるという提案である。

【0041】更に、特開昭56-121955号公報及び米国特許第5137845号は、Cr/Cu/Auから構成されるバリアメタルの端部が傾斜を有する構造にして、端部に集中する応力を緩和させるものである。図67及び図68は、端部に傾斜を有するバリアメタル構造を示した図であり、この様な構成では、応力歪みがバリアメタル部分に集中しても、順次上方に向かって応力が緩和できるため、バリアメタル部分の剥離に対する信頼性は向上する。

【0042】ところが、以上説明した公知の構造は、バリアメタル単独においてはその効果を十分に発揮するが、微細なバンプ電極に対し、バンプ電極の高さを高くするためにバンプ電極内に銅からなる剛性柱材金属を配置すると、柱材金属に内在する残留応力が特に微細化したバンプ電極構造顕在化して、バリアメタルの剥離によ

るバンプ電極破壊の問題を引き起こしていた。

【0043】いずれにしろ、従来まで行われている技術では、比較的I/Oピンの少ないバンプ電極寸法の大きな半導体装置に関して、バンプ電極に加わる応力歪みを軽減する手段が提案されてきており、有効な効果のある程度発揮してきた。ところが、半導体装置の高集積化により微細化するI/Oピンのボンディングパッド上に従来の技術を用いて形成するバンプ電極は、バンプ電極高さを高くできないという限界があったため、バンプ電極内部に柱材を配置する方法が一つの解決手段として考えられ、多くの提案が行われている。

【0044】しかし、このバンプ電極内に柱材を配置する方法は、剛性柱材金属を柔らかいはんだ金属中に埋設するため、バンプ電極の高さは高くできるものの、バンプ電極が応力歪みに対して自由に變形できないという問題を伴い、必ずしも十分に信頼性寿命を向上できないという問題があった。更に、バンプ電極の微細化が進行するのに伴い、金属中に配置した銅柱材の引張り応力が、フリップチップ実装工程前におけるバンプ電極破壊を発生させるなどの問題を伴っていた。

【0045】一方、フリップチップ実装では、半導体素子の発熱面が基板と対抗しているため、発熱した熱量は半導体チップに蓄熱されやすく、蓄熱した熱量は半導体素子の故障を引き起こす。特に、半導体素子と基板間に樹脂を封入した場合は、蓄熱の影響が著しい。そこで、Cu等の熱伝導性に優れた金属を中心にしてその周囲をハンダで覆う構造のバンプが提案されている。

【0046】このような高アスペクト比で微細なバンプの形成を行うには、位置合せが困難なメタルマスクを用いる蒸着法や、微細化が困難なディップ法、あるいはハンダボールを用いる方法によっては不可能なため、電気メッキ法を用いる方法が主流になっている。特に、アスペクト比が1以上で、微細化に伴うギャップとバンプ高さの比がアスペクト比と同等以上の場合は、電気メッキを用いる以外は不可能である。

【0047】ところが、バンプを高アスペクト比にした場合、吸収できない歪はバリアメタル部分に集中し、バリアメタルの破壊になる。そこで、バリアメタルを大きくする方法もあるが、微細化が困難になる。更に、電気メッキ法をバンプ形成に用いるためには、ウェハー主面上に電流供給を行うカソードメタルを形成し、バンプ金属堆積後、バンプ金属部分を除いて選択エッチングしなければならない。カソードメタルは最終的にバリアメタルとなるため、高融点金属(Ti, W等)が用いられることが多い。

【0048】しかし、バリアメタルとしては、ボンディングパッドとバンプ金属材料の相互拡散を防止するために、電気化学的に貴な金属を用いるのが一般的であることから、選択エッチングが不可能となり、エッチングレジストを形成しなければならない。なお、カソードメタ

ルをエッチングするとき、バンプを構成するハンダとカソードメタル金属で選択エッチングが可能な場合は、当然ながらエッチングのためのレジスト形成は必要がない。

【0049】従来のように、バンプ金属が高アスペクト比でない場合は、レジスト塗布条件、露光条件を工夫すればレジスト形成は公知の技術により可能であるが、バンプ金属が高アスペクト比になると、レジストにポジ型、ネガ型のいずれを用いても原理的に不可能であった。

【0050】カソードメタルの1部分を酸化させて、レジストを用いずにエッチングする方法もあるが、微細な部分を選択的に酸化させることは困難である。特に、形状が高アスペクト比で微細な配線を得るためには、酸化被膜を形成しないで金属がエッチング液に溶解する速度比を利用して行うエッチング方法は用いられないため、レジストは必ず形成する必要がある。

【0051】図73(a)に示すように、ポジ型レジストを用いた場合は、レジストを溶解させる部分のレジスト膜が厚いため、十分に露光を行わなければならない、十分な露光を行うと、図73(a)に示した破線形状のレジストが形成され、覆うべき金属が露出してしまうという問題があった。

【0052】一方、図73(b)に示すように、ネガ型レジストを用いると、突起金属側面までレジストを被覆する必要から、ギャップ寸法よりも小さなマスク寸法パターンを用いなければならない。しかしながら、この場合も図73(b)中に示した破線のように、レジストが形成され、覆うべき金属が露出してしまうという問題があった。

【0053】また、粘度の低いレジスト膜を用いると、カソードメタル部分は被覆できるが突起金属の側面部分が被覆できないという問題があった。

【0054】いずれにしても、これまでの方法では、バンプに加わる応力を低減して信頼性を向上させるために、樹脂を注入したり、バンプ形状をつづみ型にしたりしていたが、工程が複雑になり、コスト高を引き起こしたりして、接続が不十分になるという問題があった。そこで、Cuの柱材を中心にして周囲をはんだで覆う構造が提案されたが、バンプの形状制御が困難であることと、引抜き強度が弱いという問題があった。また、バンプを形成するために必要な電気メッキ法では微細化に伴いカソードメタルのエッチングが問題になる。更に、バンプの微細化に伴い、バリアメタル部分における応力を緩和させる必要が生じてきた。

【0055】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、半導体装置上に形成されるバンプ電極を回路配線基板の電極パッドと相互接続するフリップチップ実装においては、熱膨張係数の不整合に起因する応力歪みがバンプ電極に集

中して、バンプ電極の破壊を発生させる。

【0056】このため、バンプ電極部分の破壊を防止して接続信頼性寿命を向上させるために、これまで多くの方法が提案されてきた。例えば(1)半導体装置の中心点からバンプ電極の中心点までの距離を小さくする方法。(2)回路配線基板をシリコンあるいはAlNなどにして熱膨張係数を半導体装置の熱膨張係数と類似させる方法。(3)放熱を良好にして半導体装置と回路配線基板に発生する熱量を小さくして温度差を減少させる方法。(4)紫外線硬化性樹脂、常温硬化性樹脂を半導体装置のバンプ電極が形成されている主面と回路配線基板の隙間に充填する方法。(5)バンプ電極構造を応力歪みに対して強固な構造にする方法などである。

【0057】特に、バンプ電極構造に関しては、通常は太鼓型に形成されるバンプ電極形状を制御することによりつづみ型にすること、バンプ電極を構成するはんだの融点の組合わせを適切にすることで応力歪みに対して強固なバンプ構造を実現する構造、及びはんだ組成を限定範囲内に抑えることでバンプに加わる応力歪みを緩和させる方法などが提案されており、一定の効果が認められている。

【0058】しかし、以上に記述したバンプ構造は、少なくとも一定以上のバンプ高さが必要であり、バンプ電極高さが著しく低い場合は、バンプ構造を適切化しても信頼性寿命の向上には限界があった。従って、近年の半導体装置の高集積化に伴いI/Oピッチが微細化したボンディングパッド上に、バンプ電極径が小さなバンプ電極を形成する場合は、従来の技術を用いると必然的にバンプ電極の高さを高くできなくなり、高さの高いバンプ電極形成が不可能になるという問題が生じていた。

【0059】即ち、近年の半導体装置の高集積化に伴いバンプ径が微細化するにも関わらず、従来の技術では、バンプ高さを高くできなかった。特に、樹脂基板上などの著しく熱膨張係数が異なる回路配線基板上にフリップチップ実装する場合などにおいては、バンプ高さを極めて高くすることが求められるにも関わらず、バンプ電極自体の形成方法に限界があった。

【0060】バンプ高さを高くする方法の一つとして、バンプ電極を多段にする方法が提案されているが、工程面と製造コストの観点から課題が残る方法であった。

【0061】また、バンプ電極内部に銅などから構成される高融点金属を配設してバンプ電極高さを高くする方法が提案されているが、球状の金属をバンプ電極内に配設すると微細化に限界が生じる。また、銅などの金属を配設して接続を強固な構造にすると、銅の周囲を覆う柔らかい金属のはんだが変形しにくくなり、バンプ高さが高くできるものの、結果的には逆に信頼性寿命が向上しないという問題があった。

【0062】更に、バンプ電極の微細化に伴い、フリップチップ実装工程前における半導体チップ上のバンプ電

極内部における応力も課題になっている。即ち、バンプ電極寸法が比較的大きな場合には、バリアメタル金属層の材料組成または形状を適切化することにより、応力緩和が効果的に実行されるが、バンプ電極寸法がI/Oピンの微細化に伴い小さくなる場合、または、高さを高くするためにバンプ電極内部に高融点金属を存在させる場合は、引張応力に起因するバリアメタルの剥離が課題となってくる。

【0063】いずれにしろ、これまでに提案されている方法では、ある程度の範囲内において、限定されたバンプ電極寸法あるいは回路配線基板を用いる場合に効果を発揮するものであったが、バンプ電極が微細になり、かつバンプ高さを高くする要求が生じている場合は、限界が伴うものであった。

【0064】また、ボンディングパッド上にバンプを形成した半導体装置を実装した場合、半導体装置の多ピン化に伴い、フリップチップ実装する位置合せが困難になるばかりでなく、基板と半導体素子の熱膨張係数に起因する熱ストレスによりバンプ部分での破断が生じるという問題があった。これに対し、バンプに加わる応力を緩和する構造が用いられているが、この場合においてもバンプ製作上の厳密な制御を必要とするにも関わらず、接続不良が生じたりして必ずしも充分な方法ではなかった。

【0065】そこでバンプ高さを高くして信頼性を向上させる方法が提案されており、このバンプ形成には電気メッキ法が用いられている。バンプ高さが高い場合は従来の蒸着法、ディップ法ではバンプ形成が不可能になる。また放熱性を考慮してCu等の柱材をバンプ中に配置する方法が提案されているがバンプ形状制御が困難で引抜き強度が不十分になる問題があった。電気メッキに必要なカソードメタルのエッチングはバンプ金属との選択エッチングが可能な場合は問題ないが、放熱を考慮してバンプ構造を放熱に優れた構造にすると、選択エッチングが不可能になる。

【0066】そこでレジストをバンプ金属に被覆してエッチングすることが求められるが、これまでの方法では高アスペクト比を有する突起金属にレジストを側面部分にまで被覆することは不可能であった。さらにバンプが微細化した場合はバリアメタル部分での応力が問題になる。

【0067】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、フリップチップ実装工程前のバンプ電極に集中する応力を緩和してバンプ電極破壊を防止するバンプ電極構造、及びフリップチップ実装工程後の実装構造体に対して、温度サイクルに起因する疲労信頼性寿命を向上させるためのバンプ構造を容易な方法で実現するための半導体装置、及びその実装体構造を提供することを目的とする。

【0068】

【課題を解決するための手段】本発明（請求項1）は、半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第1の金属層及び第2の金属層からなるバンプ電極とを具備し、前記第2の金属層は、 $10^{-4}\sim 40$ 重量%の炭素、 $10^{-4}\sim 30$ 重量%の硫黄、及び $10^{-4}\sim 10$ 重量%の酸素を含有することを特徴とする半導体装置を提供する。

【0069】また、本発明（請求項2）は、半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第1の金属層及び第2の金属層からなるバンプ電極とを具備する半導体装置を、回路配線基板の電極パッドにフリップチップ実装した実装構造体であって、前記第1の金属層と前記電極パッドとは前記第2の金属層を介して接続され、前記第2の金属層の、前記第1の金属層と前記電極パッドとの間の部分は、前記第2の金属層の他の部分とは異なる密度を有することを特徴とする半導体装置実装構造体を提供する。

【0070】更に、本発明（請求項3）は、半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第1の金属層及び第2の金属層からなるバンプ電極とを具備する半導体装置を、回路配線基板の電極パッドにフリップチップ実装した実装構造体であって、前記第1の金属層は、前記第2の金属層中に覆われ、前記第2の金属層は、この第2の金属層とは異なる第3の金属層を介して前記電極パッドと接続されていることを特徴とする半導体装置実装構造体を提供する。

【0071】更にまた、本発明（請求項4）は、半導体チップのボンディングパッド上に形成された金属薄膜と、この金属薄膜上に突出して形成された、第1の金属層及び第2の金属層からなるバンプ電極とを具備する半導体装置を、回路配線基板の電極パッドにフリップチップ実装した実装構造体であって、前記第1の金属層と前記電極パッドとは前記第2の金属層を介して接続され、前記第1の金属層は、逆台形状であり、前記電極パッドの厚さは $20\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする半導体装置実装構造体を提供する。

【0072】なお、本発明は、以下の態様をも包含する。

【0073】即ち、本発明は、フリップチップ実装される半導体チップ上に形成されるバンプ電極構造のバンプ高さを高くするために、融点、熱伝導率、ヤング率等の材料物性が、形成するバンプ電極内において互いに異なる金属材料をバンプ金属として配設し、バンプ電極を構成する金属材料の組成を一定範囲内に設定し、かつ実装構造体の構造を一定構造にすることにより、バンプ電極に加わる応力歪みを緩和する方法を提案するものである。

【0074】また本発明は、半導体装置がフリップチップ実装される工程前における半導体チップ上に形成されるバンプ電極に内在する応力歪みを緩和する構造をも提案するものである。

【0075】特に、本発明においては、バンプ電極のバリアメタルを構成する薄膜金属上に、融点、熱伝導率、ヤング率等の材料物性が相互に異なる金属群が少なくとも2層構造で積層されたバンプ電極を有する半導体装置において、薄膜金属上に形成された第1の金属群上に、前記材料物性の異なる金属が連続的に形成され、第1及び第2の金属群はいずれも薄膜金属に対して逆台形状を有しており、第2の金属群は第1の金属群の体積よりも大きいことを特徴とする構造が提供される。

【0076】前記第1の金属群は、銅、金及びそれらの合金のうち少なくとも1つから構成され、金属群中に炭素が40wt%以下、硫黄が30wt%以下の濃度範囲を有している場合に、より応力緩和の効果を発揮する。

【0077】更に、第1の金属群上に連続形成される第2の金属群は、Pb-Snから構成されるはんだ合金、錫、鉛、インジウム、ガリウム、及びゲルマニウムのうち少なくとも1つの金属から構成され、これら金属に炭素または硫黄または酸素のうち少なくとも1元素が分散されている場合に、より効果が向上する。

【0078】なお、前記第1の金属群は、ボンディングパッドの幅寸法よりも大きく形成されている薄膜金属上に、薄膜金属の幅寸法よりも小さい寸法を有するように形成され、アスペクト比が0.01~200以下の範囲内に設定されているときが好ましい構造となる場合がある。

【0079】また、本発明においては、バンプ電極のバリアメタルを構成する薄膜金属上に融点、熱伝導率、ヤング率等の材料物性の少なくとも一つが相互に異なる金属群の少なくとも2層構造で形成されたバンプ電極を有する半導体チップをフリップチップ実装した実装構造体も提供され、この実装構造体は、第1の金属群が、前記薄膜金属に対して逆台形状を有していること、前記第1の金属群と前記回路配線基板の電極パッド間の少なくとも一部分に、前記第1の金属群周囲と比較して密度が低い第2の金属、又は融点、熱伝導率、またはヤング率が異なる第3の金属群が配設されていることを特徴とするものである。

【0080】更に、前記第1の金属群が、配線基板上に配設されている電極金属厚よりも厚い場合、またはボンディングパッドの開口寸法よりも大きい寸法を有する前記薄膜金属上に、薄膜金属の幅寸法よりも小さな寸法となるように形成されている場合に、良好なバンプ構造となる場合がある。

【0081】なお、前記半導体装置と回路配線基板の隙間に樹脂が充填封止されている場合、バンプ電極に加わる応力はさらに緩和され、第1金属群のアスペクト比形

状が0.01~200の範囲内に設定されているとき、より効果が大きくなる。

【0082】また、前記第1の金属群と回路配線基板の電極間に形成される隙間部分は、バンプ電極径の最も大きい部分を構成する構造、あるいは最も小さい部分を構成する構造のうちいずれかの構造を有し、この隙間部分に最も融点の低い金属またはヤング率の高い金属またはその合金を配設して、バリアメタルの寸法とバンプ電極寸法との関係を適切化することにより、バンプ電極構造を太鼓型、またはつづみ型のいずれかとする事が出来る。

【0083】なお、本発明に係る実装構造体は、回路配線基板が半導体装置と熱膨張係数が約1桁異なる、例えばガラスエポキシ基板上にフリップチップ実装する場合、基板の凹凸を吸収できる構造となり、結果的に信頼性向上に対しては特に有効な方法となり、従来の方法と比較してその効果は非常に大きい。

【0084】

【作用】本発明によれば、半導体装置をフリップチップ実装する前の半導体チップ上に形成したバンプ電極構造が、逆台形状となっているため、高さの高いバンプ電極を形成するためにバンプ電極を構成する金属の体積を大きくしても、薄膜金属への接着面積を小さくすることが可能である。従って、バンプ内に発生する引張応力が大きくても、薄膜金属に対する引張応力を緩和することが出来る。

【0085】この引張応力が大きい場合には、形成する逆台形状バンプ電極寸法を薄膜金属群の開口寸法よりも小さくすることで、薄膜金属に発生する応力をさらに緩和することができる。更に、第1金属群のアスペクト比を0.01~200の範囲内に設定することで、信頼性寿命は従来技術を用いた場合以上に向上する。

【0086】また、配設する第1の金属群を構成する銅中に、炭素40wt%、硫黄30wt%以下を分散させることにより、炭素、硫黄が分散されていない場合に生じる引張応力を圧縮応力にすることができ、薄膜金属の剥離を防止することが可能である。

【0087】同様の効果は、第2金属群を形成するはんだ中に炭素40wt%以下、硫黄30wt%以下、酸素10wt%以下を分散させた場合に、圧縮応力を引張応力に変換でき、この引張応力の効果は、たとえ第1金属群中に圧縮応力が残留しても、バンプ電極全体として残留する応力を引張応力に変換できるため、結果的にバンプ電極に発生する応力は引張応力になり、バリアメタルの剥離を防止できる。

【0088】この場合、炭素、硫黄、酸素の含有量の下限は、10⁻⁴重量%が好ましい。

【0089】更に、本発明によれば、フリップチップ実装工程におけるバンプ高さを高くするために、融点が高く、熱伝導率が低い第1の金属群を配設しているので、

バンプに加わる応力歪みに起因する破壊を防止できる。バンプ高さを高くすることにより、半導体装置と回路配線基板間のギャップ量を大きくできるため、封止樹脂をギャップ間に配設した場合は樹脂内に発生する応力を小さくすることができ、樹脂の信頼性が向上するとともに、結果的にバンプに加わる応力歪みをも減少できる。

【0090】従って、当然ながら、バンプ電極自体の応力も緩和することができる。また、熱伝導率が高い第1の金属をバンプ電極内に配置することにより、半導体チップの蓄熱量を減少させることができ、半導体装置と回路配線基板間の熱膨張係数差が大きい場合でも、発熱量を小さくすることができ、結果的に変位量を小さくすることが可能である。また、第1の金属群の形状は逆台形状を有しているため、引抜き強度を向上させることができるとともに、薄膜金属との応力差が発生する部分を小さくすることができ、台形状を有している第1の金属群と比較してバンプ電極破壊を防止することが可能である。

【0091】更に、第1の金属群と回路配線基板間には少なくとも一部分に、第2の金属群と比較して融点がいかにまたはヤング率が低い第3の金属、または第1金属群の周囲を覆う第2金属群よりも密度が低い物性を有する第2金属群を配設された場合には、最も応力が集中する部分において、バンプ電極が破壊される問題を解決することが出来るとともに、前記隙間部分を中心にしてバンプ形状を太鼓型、つづみ型のいずれにもすることができ、信頼性の向上が可能である。このバンプ電極の形状は、バリアメタル寸法で規定されているため、バリアメタル寸法を考慮した円柱体積よりはんだ量を大きくするか、または小さくするかで、容易に太鼓型またはつづみ型を実現可能になる。

【0092】この第1金属群は、ボンディングパッド寸法よりも大きい薄膜金属上に、薄膜金属群よりも小さい幅寸法を有するように形成し、アスペクト比は0.01～200の範囲内に設定している場合、従来の寸法を考慮しない技術によるバンプ構造を用いたフリップチップ実装構造体よりも信頼性寿命を向上できる。

【0093】更に、本発明では、第1金属群と回路配線基板の電極パッドに隙間部分を設けているため、回路配線基板に大きな凹凸がある、例えばガラスエポキシ基板上に銅張配線を形成した様な場合は、凹凸を吸収し、回路配線基板に対して半導体装置を平行にフリップチップ実装できるため、信頼性を向上させることが可能である。

【0094】また、配設する第1の金属群中には炭素40wt%以下、硫黄を30wt%以下分散させた場合、炭素または硫黄を分散させていない場合に比較して引張応力を十分に緩和することができ、薄膜金属の剥離を防止することができる。

【0095】更にまた、第1の金属群中に配設する第2

の金属群には、少なくとも炭素40wt%以下、硫黄30wt%以下、酸素10wt%以下のいずれかを分散させた場合、前記元素を分散させていない場合に生じる引張応力を圧縮応力に変換でき、第1の金属群で残留した引張応力を調整することで、結果的にバンプに加わる応力を0にすることが可能になる。

【0096】以上説明したバンプ電極構造を有する半導体実装体は、半導体装置を熱膨張係数が著しく異なる樹脂基板からなる例えばガラスエポキシ基板上にフリップチップ実装した場合において、従来の技術を用いて行ったフリップチップ実装構造体と比較して、特にその効果は著しく大きいものとなる。

【0097】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の種々の実施例について説明する。

【0098】図1は、本発明の第1の実施例に係る半導体装置実装構造体を示し、図2は、本発明の第2の実施例に係る半導体装置実装構造体を示し、図3は、本発明の第3の実施例に係る半導体装置実装構造体を示し、図4は、本発明の第4の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す。図面において、参照符号1は半導体チップ、2は回路配線基板、3はパッシベーション膜、4はボンディングパッド、5はバリアメタル部分となる薄膜金属、6は第1の金属、7は第2の金属、8は回路配線基板の電極パッドを構成する金属、9はソルダーレジストまたは回路配線基板の保護膜、10は回路配線基板の配線金属及び電極金属、11は回路配線基板の電極バリアメタル、12は半導体チップと回路配線基板の隙間を充填する封止樹脂をそれぞれ示す。

【0099】本発明の第1の実施例に係る半導体装置実装構造体は、図1に示す様に、例えば銅から構成される逆台形状を有する第1の金属群の周囲がはんだから構成される第2の金属で覆われ、第1の金属群と回路配線基板の電極パッド間には、第1の金属群の周囲を覆うはんだとは密度の異なる金属で形成されているか、または全く異なる物性を有する第3の金属群が配設されている。このとき、回路配線基板の電極金属10は、回路配線基板2に対して台形状を有している。このとき、電極金属10は、電極パッドと兼ねている。

【0100】また、本発明の第2の実施例に係る半導体装置実装構造体は、図2に示すように、半導体チップと回路配線基板の隙間に熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂を充填させている。

【0101】更に、本発明の第3の実施例に係る半導体装置は、図3に示す様に、回路配線基板の電極金属構造が図1に示す台形状とは異なり逆台形状を有しており、電極パッド8上にバリアメタル11を介して形成されている。

【0102】また、本発明の第4の実施例に係る半導体装置実装構造体は、図3に示す実装構造体に対し、図4

に示すように、半導体チップと回路配線基板の間に熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂12を充填させている。

【0103】更にまた、本発明の第5の実施例に係る半導体装置は、図5に示すように、第1の金属6が半導体装置に対して逆台形状を有している上に、融点、熱伝導率、ヤング率のうち少なくとも1つの物性が異なる第2の金属7が連続的に第1の金属6よりも大きな体積で構成されている。第1の金属6の薄膜金属5と接している部分は、ボンディングパッド4の開口寸法よりも大きく、薄膜金属5の寸法よりも小さく、その厚さは、バリア金属薄膜金属5の厚みよりも大きいものである。

【0104】第1の金属群は、本実施例においては銅を用いているが、金またはそれらを含む合金であっても良い。この第1金属群中には、炭素40wt%以下、硫黄30wt%以下が含有されており、アスペクト比は0.01から200の範囲に設定されている。

【0105】従って、本発明の半導体装置は、図6、図7、図8、図9、及び図10に示す構造においても、本発明の趣旨に従った特徴を有している。

【0106】詳細は以下に示すが、図6、図7、図8、図9、及び図10に示す構造の概略は次の通りである。即ち、図6は、図5、図7、図8、図9、又は図10において示された半導体装置上のバンプ電極をリフローした状態を示す図、図7は、第1金属群の側面に連続的に第2の金属群を形成した状態を示す図、図8は、第1の金属群上に後の工程でリフロー溶融させたとき、第2金属群となる例えば錫、鉛を順次積層させた状態を示す図、図9は、第1の金属群周囲に後の工程で第2の金属群となる金属層を順次積層させた状態を示す図、図10は、図8に示した構造において、更に必要に応じて、例えばインジウムなどの金属層を積層させた状態を示す図である。

【0107】以下、各実施例について詳細に説明する。

【0108】実施例1

本発明によるバンプ電極を備えた半導体装置は、図11及び図12に示す工程により実施される。まず、半導体チップ1上にボンディングパッド4が形成され、ボンディングパッド4の一部を除いて例えばPSG（リン・シリカ・ガラス）またはSiN（窒化シリコン）から構成されるパッシベーション膜3が形成されている半導体

装置シリコンウェハー上に、例えばCu/Tiが全面に蒸着され、バンプを電気メッキで形成する場合のカソードメタル22が形成されている。

【0109】このCu/Tiは、バンプ電極を電気メッキで形成後、必要部分をエッチングすることで最終的にはバンプ電極のバリアメタルとなる。従って、薄膜金属はCu/Tiに限定する必要はないが、説明のためCu/Tiとした。同様に、ウェハーはシリコンウェハーである必要はないが、本実施例においては説明のためシリコンとした（図11(a)）。

【0110】次いで、厚膜レジストAZ4903（ヘキストジャパン社製）をスピンコートして膜厚が100μm厚のレジスト23を形成し、露光/現像により40μm平方の開口寸法を有するボンディングパッド4よりも一辺が5μm大きい寸法を有する50μmの開口部をCu/Ti上に形成する。以上の方法を用いて、レジスト膜23とCu/Tiが90°未満となる角度制御を行う。

【0111】ここで、本発明に記載する実施例では、金属薄膜との角度は80°である。露光はレジストの厚みが厚くても十分な量の露光エネルギーを照射し、現像はAZ400Kデベロッパー（ヘキストジャパン社製）により行う。レジスト面の薄膜金属と接する部分の角度調整は、露光エネルギー及びレジスト面とガラスマスクとの距離、及び現像液の濃度を調整することにより制御する。詳しくは、13th IEMT Symp. pp288に記載されているので、ここでは詳細な説明は省略する（図11(b)）。

【0112】こうして、ボンディングパッド4に対応する部分のボンディングパッド4よりも小さな寸法でレジスト膜23が80°の角度をもって開口形成されているシリコンウェハーを、下記の混合溶液からなる硫酸銅メッキ液に浸漬して、浴温度25℃でCu/Tiを陰極として、リン含有（0.03～0.08wt%）高純度銅板を陽極として電流密度1～5（A/dm²）で緩やかに攪拌しながら、銅6を35μm電気メッキする。

【0113】必ずしも35μmの厚さにメッキする必要はなく、第2金属群の厚みとの相互関係で第2金属群の厚みより小さければ問題はない。

【0114】

硫酸銅5水和物	2	オンス/ガロン
硫酸	30	オンス/ガロン
塩酸	10	ppm
チオキサンテート-s-プロパンスルホン酸 （またはチオキサンテートスルホン酸）	20	ppm
ポリエチレングリコール（分子量：400, 000）	40	ppm
ポリエチレンイミン（分子量：600） と塩化ベンジルとの反応生成物	2	ppm
または		
硫酸銅5水和物	30	オンス/ガロン

硫酸	8	オンス／ガロン
塩酸	30	ppm
ジチオカルバメート－s－プロパンスルホン酸	30	ppm
ポリプロピレングリコール（分子量：700）	10	ppm
ポリエチレンイミンと臭化アリルまたは ジメチル硫酸との反応生成物	0.3	ppm

次いで、メッキ浴を、下記に詳細に記載するスルホン酸はんだメッキ液に変え、電気銅メッキの場合と同様にCu/Tiを陰極とし、メッキ液に対応する、例えば高純度共晶はんだ板を陽極として、電気メッキを行う。電流密度は1～4 (A/dm²) とし、浴温度25℃で緩やかに攪拌しながら、はんだ組成(Pb/Sn)が共晶組成にほぼ等しい組成、あるいはPb側またはSn側にわずかに移行した組成のはんだ合金7を65μm析出させる(図11(c))。

【0115】スルホン酸はんだメッキ液の組成

錫イオン(Sn ²⁺)	12	vol%
鉛イオン(Pb ²⁺)	30	vol%
脂肪族スルホン酸	41	vol%
ノニオン系界面活性剤	5	vol%
カチオン系界面活性剤	5	vol%
イソプロピルアルコール	7	vol%

こうして、融点及び熱伝導率及びヤング率が異なる銅6及びはんだ合金7が、ボンディングパッド4上に逆台形状に連続的にメッキ形成される。次いで、ウェハー上のレジストAZ4903をアセトンを用いて除去する(図11(d))。

【0116】次に、Cu/Ti上のバンプ電極が形成されているウェハー上に、例えば画像反転型レジストAZ5214E(ヘキストジャパン社製)の粘度調整を行った溶液をスピンコートし、レジスト膜25を形成する。粘度調整は、メッキ金属厚が厚い場合でもエッチングを精度良く行うために、高粘度にする。このときのレジスト膜25は、バンプ金属に対応した形状を表面に有しており、バンプ金属上で10μm、バンプ金属が形成されていないCu/Tiで構成されるカソードメタル22の部分で55μmの膜厚を有していた(図11(e))。

【0117】次いで、バンプ電極50μmよりも開口寸法が2μm大きい一辺が54μmの開口パターン27を有するガラスマスク26を、必要位置に位置合わせした後露光する(図11(f))。露光は、露光エネルギー2000mJで行い、露光後150℃でウェハーをホットプレート上でベークする。次に、ベークしたウェハーを現像液に浸漬して現像する。

【0118】以上の工程を行うことで、図12(a)に示すようなレジスト膜25が、バンプ電極上のみに選択的に形成される。このときの第1金属群を覆うレジスト膜25は、薄膜金属と接する下方部分で55μm幅、上方部分で75μm幅であった。

【0119】なお、本実施例では、画像反転型レジスト

を用いたが、第1及び第2の金属群の側面部分までレジスト形成が可能な範囲のアスペクト比形状では、通常のポジ型レジストOFPR-800(東京応化社製)またはネガ型レジストOMR-85(東京応化社製)を用いることも可能である。

【0120】次いで、過硫酸アンモニウム、硫酸、エタノールから構成される混合溶液またはクエン酸、過酸化水素水、界面活性剤から構成される混合溶液で銅の必要部分をエッチング除去後、アンモニア、エチレンジアミン4酢酸、過酸化水素水から構成される混合溶液でチタンの必要部分をエッチング除去して、最後に被覆したエッチングレジスト25をアセトンを用いて溶解除去する(図12(b))。

【0121】以上の工程を行うことにより、逆台形状の第1及び第2金属群が、図12(b)に示すように形成される。なお、このときカソードメタルであったCu/Tiは、半導体装置上のパッシベーション膜に対して台形状構造を有することになり、結果的にバリアメタルも応力に対して強固な構造となる。

【0122】実施例2

実施例1に記載したレジスト膜が形成された図11

(b)において、バンプ電極の一部を構成する銅6からなる第1金属群を電気メッキ法を用いて無紫外光下で析出させる。即ち、実施例1に記載した銅メッキ液及び条件を用いて、無紫外光下で銅を100μm析出させる。続いて、形成した50μm平方の銅が充填されたパターンよりも一辺が5μm大きい銅部分がレジスト膜で被覆されるパターンを有するガラスマスクを用いて、60μm四方の銅を中心とした開口部を形成する。レジスト膜の露光、現像条件は、実施例1に記載した条件により実現される。

【0123】次いで、形成した開口部に対して実施例1に記載したはんだメッキ液を用いて、実施例1に記載した条件と同様の条件に従い、メッキを行う。このときのはんだメッキは、無紫外光下で行う必要は必ずしもない。

【0124】こうして、銅6及びはんだ7が形成されたバンプ電極のカソードメタルのエッチングは実施例1に記載した図11(e)以下の工程と同様の手段を用いて行う。形成されるバンプ電極を備えた半導体装置は、図7に示す構造となる。

【0125】実施例3

実施例1に記載したレジスト膜が形成された図11

(b)において、バンプ電極の内部を構成する銅を、実

施例1に記載したメッキ液及び条件と同様の方法を用いて、電気メッキを行ない $35\mu\text{m}$ の厚さの銅層6を形成する。

【0126】次いで、メッキ液を下記に記載する錫メッキ液に変え、電気銅メッキの場合と同様にして、Cu/Tiを陰極とし、電気メッキ液に対応する例えば高純度

硫酸第1スズ	55	g/l
硫酸	70	g/l
クレゾールスルホン酸	100	g/l
β ナフトール	1	g/l
ゼラチン	2	g/l

または

硫酸第1スズ	30	g/l
フェノールスルホン酸	25	g/l
ポリオキシエチレンアルキルアミン	2	g/l

更に、メッキ液を下記に記載する鉛メッキ液に変え、電気銅メッキ及び電気錫メッキの場合と同様にして、Cu/Tiを陰極とし、メッキ液に対応する例えば高純度鉛板を陽極として用い、電流密度 $1\sim 3(\text{A}/\text{dm}^2)$ を

スルファミン酸鉛	80	g/l
ゼラチン	0.15	g/l
グルー	0.40	g/l

こうして、銅6、錫7a及び鉛7bが形成されたバンプ電極のカソードメタルのエッチングを実施例1に記載した図11(e)以下の工程と同様の手段により行う。このように形成されるバンプ電極を備えた半導体装置は、図8に示すような構造となる。

【0130】このバンプ電極は、錫及び鉛を温度 350°C で溶融リフローすると、Pb/Sn=5/95の組成のはんだ合金7を形成する。

【0131】なお、本実施例では説明のため、バリアメタルとなるカソードメタルをCu/Tiとして、銅のエッチングを過硫酸アンモニウム、硫酸、エタノールから構成される混合溶液またはクエン酸、過酸化水素水、界面活性剤から構成される混合溶液で行い、更に、アンモニア、エチレンジアミン4酢酸、過酸化水素水から構成される混合溶液でチタンの必要部分をエッチングしたが、例えばバリアメタルの一部分にニッケルを用いた場合は、錫との選択エッチングが不可能になり、また、はんだをバンプ電極の最上部に形成した場合は、ニッケルのエッチング液で錫が溶解して、はんだ組成が所望の値から移行することになる。

【0132】このときのニッケルエッチング液は、硫酸銅5水和物、塩酸、メタノールから構成される混合溶液である。ところが、例えば鉛を最上層にした場合は、ニッケルのエッチング液により鉛が溶解されることは少ない。従って、バリアメタル部分に必要な応じた金属層を用いた場合は、形成する第2金属群の形成順序は必ずしも限定されるものではなく、必要に応じて順序を変更することも可能である。

錫板を陽極として用い、電流密度 $1\sim 10(\text{A}/\text{dm}^2)$ を印加し、浴温度 25°C で緩やかに攪拌しながら、 $60\mu\text{m}$ 厚の錫7aを銅6上に連続メッキする。

【0127】錫メッキ液の組成は次の通りである。

【0128】

印加して、浴温度 25°C で緩やかに攪拌しながら、 $5\mu\text{m}$ の鉛7bを錫上に連続メッキする。

【0129】

【0133】実施例4

実施例1に記載したレジスト膜23が形成された図11(b)において、バンプ電極の一部を構成する銅6からなる第1金属群を、電気メッキ法を用いて無紫外光下で $100\mu\text{m}$ の厚さに析出させる。続いて、形成した $50\mu\text{m}$ 四方の銅6が充填されたパターンよりも一辺が $5\mu\text{m}$ 大きいパターンを有する $60\mu\text{m}$ 四方の銅を中心とした開口部を、レジスト23に形成する。レジスト膜23は、実施例1に記載した露光、現像条件によりパターンニング可能である。

【0134】次いで、形成した開口部に対して、実施例3に記載した錫メッキ液及びメッキ条件を用いて、無紫外光下で $10\mu\text{m}$ 厚の錫膜7aを電気メッキで析出させる。更に、同様の手段を繰り返して、電気錫メッキ膜7aの周囲のレジスト膜23に開口部を形成して、実施例3に記載した鉛メッキ液及び条件を用いて、鉛7bを開口部に充填する。続いて行うカソードメタルのエッチング工程は、実施例1に記載した図11(e)以降の工程と同様である。

【0135】以上の方法を用いることにより形成されるバンプ電極は、図9に示す様な構造となる。この構造では、錫メッキ膜7aが完全に鉛メッキ膜7bにより覆われるため、例えばニッケルをバリアメタルに用いた場合の錫膜のニッケルエッチング液に対する耐エッチング液性は、実施例3の場合と比較すると格段に向上する。

【0136】なお、錫7a及び鉛7bは独立に形成したが、はんだ合金として一括形成してもその効果は変わらない。更に、錫7a及び鉛7b被膜の形成は、電気メッ

キ法に限定されるものではなく、例えば、必要部分をレジスト膜で被覆後、公知の技術である無電解メッキ法を用いて形成しても良い。

【0137】実施例5

実施例1に記載したレジスト膜が形成された図11

(b)において、パンプ電極内部を構成する銅6を実施例1に記載したメッキ液及び条件と同様の方法を用いて、35 μ mの厚さの電気銅メッキ膜6を析出させる。

【0138】次いで、メッキ液を実施例3に記載した錫

インジウム： 電流密度 2~10 (A/dm²) 浴温度 25℃

スルファミン酸インジウム 105 g/l

スルファミン酸ナトリウム 150 g/l

スルファミン酸 26 g/l

塩化ナトリウム 45 g/l

デキストリン 8 g/l

トリエタノールアミン 2 g/l

アンチモン： 電流密度 2.5 (A/dm²) 浴温度 55℃

三酸化アンチモン 52 g/l

クエン酸カリウム 150 g/l

クエン酸 180 g/l

アロイン 2 g/l

β -ナフトール 1 g/l

チョウジ油 3 g/l

ガリウム、ゲルマニウムに関しては、塩を形成した後に溶液化して、炭素、硫黄及び酸素を含む添加剤を添加する方法、またはディップする方法により形成する。

【0141】はんだ、錫、鉛、インジウム、アンチモン、ガリウム、ゲルマニウムに関しては、必ずしもすべての金属を積層する必要はなく、これらの金属の一部を組合わせて積層しても良い。従って、堆積する方法は必ずしも電気メッキ法をすべての金属に対して行う必要はない。従って、当然ながら積層させる金属膜は本実施例に記載した順序で行う必要はなく、例えば、錫/鉛/錫/鉛の構成とするなど、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【0142】なお、図10では、積層膜は7で示されている。

【0143】本実施例は、米国特許第5,130,779に記載する構造に一見類似しているように見えるが、基本的な構造が逆台形状であることから、構造的には全く異なり、公知の構造ではない。

【0144】実施例6

図5、図7、図8、図9、図10に示すパンプ電極を有する半導体装置は、例えば250℃、窒素雰囲気中で加熱リフローすると、図12(c)又は図6に示すような連続的な構成のパンプ電極となる。

【0145】本実施例においては、銅から構成される第1の金属群6の融点よりも高く、第2の金属群7の融点よりも低い温度範囲内でリフローしているために、図5、図7、図8、図9、図10に示す異なった金属膜を

メッキ液に変えて、実施例3に記載した条件と同様の条件下で、電気銅メッキ膜7aを35 μ mの厚さメッキする。更に、メッキ浴を実施例3に記載した鉛メッキ液に変えて、5 μ mの厚さの鉛膜7bを析出させる。

【0139】続いて、インジウム、アンチモン、ガリウム、ゲルマニウムを例えば下記に記載するメッキ液を用いて連続堆積させ、図10に示す構成のパンプ電極が得られる。

【0140】

積層した第2金属群7は、一体構成となっている。

【0146】実施例7

本発明に係るパンプ電極を備えた半導体装置の性能を評価したところ、以下の結果を得た。

【0147】図13は第1金属群の体積 V_1 と第2金属群の体積 V_2 の比 V_1/V_2 と、パンプ電極中に残留する応力との関係を示すグラフである。本実施例においては、第1金属群6には銅を用い、第2金属群7には共晶はんだを用いている。第2金属群7の体積が第1金属群6の体積より小さい場合は、 $V_1/V_2 > 1$ 、第2金属群7の体積が第1金属群6の体積より大きい場合は、 $V_1/V_2 < 1$ となる。

【0148】図13に示すように、第1金属群6の体積が第2金属群7の体積よりも小さい場合には、引張応力がパンプ電極内に内在することになるが、第1金属群6の体積が第2金属群7の体積より大きい場合には、 $V_1/V_2 = 1$ を境にして逆転して圧縮応力がパンプ電極内に内在することとなる。更に、応力値は、パンプ電極を形成するボンディングパッドの幅寸法が大きいほど大きくなる。

【0149】この結果から、第2金属群7の応力値が第1金属群6の応力値に比較して大きいため、パンプ電極全体の残留応力がパンプ電極を主に形成している金属において支配的であることがわかる。

【0150】図14は、第1金属群6の上部寸法(L_1)と下部寸法(l_3)との比(l_3/L_1)に対するパンプ電極中の残留応力(引張応力)を示すグラフ

である。この残留応力は、値が大きいときバリアメタル金属の破壊を発生させるので、値が小さいほど好ましい。これは、図13の場合と同様に、第1金属群6には銅、第2金属群7には共晶はんだを用いた場合の結果である。

【0151】 $l_3/L_1 < 1$ のときは逆台形状、 $l_3/L_1 > 1$ のときは台形状となる。パンプ電極中の残留応力は、逆台形状のときは小さいが、 $l_3/L_1 > 1$ を越えた台形状では急激に大きくなる。従って、第1金属群6は逆台形状がパンプ電極内金属には適切であることが解った。なお、本実施例による評価は、図5～図10の構造を有するパンプ電極に対して行った結果であり、いずれの場合も同様の結果を得た。

【0152】図15は、パンプ電極構造を決定するパラメータを種々に変更した場合における、パンプ電極内に残留する応力(σ_f)と高温高湿保存試験(85℃、85%RH)を行ったときの50%不良率(N_{f50})を求めた結果である。 l_1 はボンディングパッドの幅寸法、 l_2 はバリアメタル金属の幅寸法、 l_3 は第1金属群の幅寸法である。この場合も第1金属群には銅を用い、第2金属群には共晶はんだを用いた。

【0153】図15から明らかな様に、図15(c)及び図15(d)が最も σ_f が小さく、信頼性寿命 N_{f50} が大きいことが明らかになった。図15(a)、図15(b)、図15(e)及び図15(f)に示す構造では、 σ_f が大きく、 N_{f50} が小さく、信頼性が低い結果を得た。従って、パンプ電極を構成する要因パラメータとしては、 $l_2 > l_1 > l_3$ または $l_2 > l_3 > l_1$ が好ましい構造であること、即ち薄膜金属の幅寸法はボンディングパッドの開口寸法より大きく、第1金属群の幅寸法は薄膜金属群の幅寸法より小さいとき、効果を発揮することが明らかになった。なお、本発明による構造は、第1金属群の厚みが薄膜金属群の厚みよりも厚い場合に、より効果を発揮することが明らかになった。

【0154】図16は、第1金属群のアスペクト比(H/l_3)と、パンプ電極中の残留応力との関係を示すグラフである。第1金属群の高さを H 、第1金属群の下部幅寸法を l_3 とした。第1金属群は銅、第2金属群は共晶はんだである。図16から明らかなように、アスペクト比が0.01～200の範囲内においては残留応力は増加せず、ほぼ一定の値を示すが、200を越えた領域からは急激に増加することがわかる。従って、第1金属群のアスペクト比は、0.01～200の範囲内に設定することがより好ましいことになる。

【0155】更に、本発明の実施例1～6に記載した方法を用いてパンプ形成を行うときは、第1金属群中に炭素40wt%、硫黄30wt%以下の濃度の元素をはんだ合金(Pb/Sn)中に分散させることが可能になる。

【0156】図18に示す様に、例えば銅から構成され

る金属群中に炭素及び硫黄を分散配置させた本実施例に基づく金属の残留応力を求めた結果、炭素及び硫黄の濃度の増加に伴って、分散濃度が0であった場合は圧縮応力を示す金属内応力が分散元素濃度の増加に伴って引張応力に移行する。炭素濃度が30wt%、硫黄が20wt%程度以下のとき残留応力は引張応力になる。一方、電気伝導率は図19に示す様に、炭素及び硫黄濃度の増加に伴い増加する傾向があるが、炭素及び硫黄の濃度が比較的低濃度領域では最小値を示し、炭素濃度40wt%以下、硫黄濃度30wt%以下のときは炭素及び硫黄が分散されていない場合と同等の値またはそれ以上の性能を示す値を得ることができる。特にこの傾向は炭素濃度4wt%、硫黄濃度3wt%以下のとき著しい。

【0157】以上の図18、図19に記載された結果を総合的に判断すると、銅から構成される第1金属群中には炭素40wt%、硫黄30wt%以下の濃度範囲で分散させると、パンプ電極中の残留応力を減少できると共にフリップチップ実装後において必要となる特性の1つである電気伝導率を十分に小さくでき総合的信頼性が向上する。

【0158】なお、第1金属群として金を用いた場合も同様の濃度範囲で同様の残留応力に関する結果を得た。更に、銅または金を含んだ合金の場合も同様の結果を得た。更に、図20に示すように、例えばPb-Snから構成される共晶はんだ合金中に炭素及び硫黄及び酸素のうちの少なくとも1元素を分散配置させた本実施例に基づく合金金属内の残留応力を測定した結果、炭素及び硫黄及び酸素濃度の増加に伴い、残留応力は圧縮応力から引張応力に移行する。

【0159】更に、図21に示すように、電気抵抗率も炭素、硫黄、酸素濃度の増加に伴い増加するが、分散元素が低濃度領域では逆に減少することが明らかになった。引張応力を示すのは、炭素濃度40wt%、硫黄濃度30wt%、酸素濃度10wt%以下のときである。この傾向は、特に炭素濃度4wt%、硫黄濃度3wt%、酸素濃度1wt%以下のときに著しい。

【0160】従って、図20及び図21に示す結果を総合的に判断すると、はんだから構成される第2金属群中には、40wt%以下の炭素、30wt%以下の硫黄、10wt%以下の酸素が含有される場合に、圧縮残留応力を減少できるとともに、フリップチップ実装後において必要となる特性の一つである電気伝導率も十分に小さくでき、信頼性寿命を向上させることが可能になる。

【0161】図17は、第2金属群を構成する金属中に炭素、硫黄、酸素のうち少なくとも1つの元素を含有させた場合に、残留応力が減少するか否かを、金属の組合わせごとに分類した結果を示す。図17に示す通り、一部の元素の組合わせを除いて残留応力が減少することが明らかになった。更に、表中に示した元素のうち、炭素、硫黄、酸素を含有させることにより残留応力が減少

する場合は、複数個の金属を組合わせた場合においても残留応力が減少することが明らかになった。この金属群を組合わせることにより残留応力が減少する元素の濃度範囲は、炭素 40 wt % 以下、硫黄 30 wt % 以下、酸素 10 wt % 以下であった。

【0162】これまで、金属を電気メッキ法により析出させる場合、添加剤の量により析出金属膜中に残留応力が発生して析出金属膜に剥離が生じることが公知となっているが、金属膜中に発生する応力により下地膜に与える応力、及び金属中に含まれる元素濃度により残留する応力値については、公知の事実ではなかった。なお、炭素、硫黄を含有させる方法においては、炭素及び硫黄を含む化合物を第1金属群及び第2金属群に接触させて、拡散により分散させることも可能である。

【0163】従って、半導体チップ上にバンプ電極が形成された半導体装置は、バンプ電極内にバンプ高さを高くする金属を配置しても、残留する応力によりバリアメタルが剥離する問題は発生しなくなる。更に、バンプ電極内の柱材は、周囲の金属と比較して体積が小さく、薄膜金属に対して逆台形状を有しており、また、バンプ電極を構成するパラメータと第1金属群のアスペクト比を適切化しているために、電気伝導率を良好にするため圧縮応力側に設定しなければならない場合においても、引張応力に起因する薄膜金属剥離の不良を減少出来る。

【0164】実施例 8

上述の工程により半導体チップ上にバンプ電極が形成された半導体装置を、回路配線基板にフリップチップ実装する工程について、以下に説明する。

【0165】公知の技術であるハーフミラーを備えたフリップチップボンダー M8（リサーチデバイス）を用いて、例えば図 5 に示すバンプ電極 6、7 を備えた半導体装置 1 と回路配線基板 2 の位置合わせを行い、半導体装置 1 のバンプ電極 6、7 と回路配線基板 2 の電極パッド 10 とを接触させる。回路配線基板 1 の電極パッド 10 は、回路配線基板 2 に対して逆台形状を有している。

【0166】この位置合わせを行う半導体装置 1 のバンプ電極 6、7 と回路配線基板 2 の電極パッド 10 には、いずれか一方または両方に、はんだの熔融を容易にするため、例えば NS-30（日本スペリアル社製）のフラックスが塗布されている。フリップチップ実装を行うとき、回路配線基板 2 は加熱機構を有するフリップチップボンダーのステージ上に保持され、共晶はんだ組成から若干組成がずれているはんだの融点よりも高く、銅の融点よりも低い温度である 280℃ に予備加熱されている。

【0167】このフリップチップ実装する半導体装置 1 には、126 ピンのバンプ電極 6、7 が形成されており、回路配線基板 2 には、半導体装置 1 のバンプ電極 6、7 の面対称位置に、接続電極パッド 10 が 126 パッド形成されている。回路配線基板材料には、1.4 m

m の厚さのガラスエポキシ樹脂材料が用いられている（図 22（a））。

【0168】更に、半導体装置 1 のバンプ電極 6、7 と回路配線基板 2 の電極パッド 10 とが接触した状態で、半導体装置 1 を保持するコレットを回路配線基板 2 を搭載するステージと同じ温度 280℃ に窒素雰囲気中で加熱して、バンプ電極 6、7 を形成しているはんだ 7 を熔融させることにより、半導体装置 1 のバンプ電極 6、7 と回路配線基板 2 の電極パッド 10 とを電氣的、機械的に接続させる。（図 22（b）及び図 3）以上の工程を行った後で、回路配線基板 2 と半導体装置 1 の隙間部分 29 に熱硬化性の樹脂を挿入して封止する。この封止工程は、樹脂を約 100℃ 近傍で加熱しながら行い、注入する樹脂の粘度を低下させて、回路配線基板と半導体装置の微小な隙間部分に樹脂を容易に封止する。以上の工程を行うことにより、図 4 に示す構造の半導体装置実装構造体可以实现できる。なお、アスペクト比が極めて高く、銅柱材の幅寸法が微細な場合には、はんだ中に銅が溶解されてしまうが、バンプ電極高さを高くするためには何ら不都合はなく、この場合は、はんだ中に銅が分散されることになる。

【0169】この場合も、はんだの機械的特性としては、応力歪に優れた物性を示すようになり、フリップチップ実装構造体としては、結果的に信頼性が向上する。

【0170】実施例 9

実施例 8 に記載した方法と同様の装置及び方法を用いて、図 5 に示す構造を有するバンプ電極 6、7 が形成された半導体装置 1 を、回路配線基板 2 に接触させる（図 23（a））。次いで、実施例 8 に記載した方法と同様の方法により、フリップチップ実装する。このときの電極パッド 10 の断面構造は、回路配線基板 2 に対して台形状になっている（図 23（b）及び図 1）。

【0171】更に、フリップチップ実装した半導体実装構造体の隙間に樹脂 12 を充填させると、図 2 に示す構造を実現できる。また、図 6 に示すバンプ構造を有する半導体装置を、実施例 8 に示す方法と同様の方法を用いて、回路配線基板 2 の電極パッド 10 と接触させる。このときの回路配線基板 2 の電極パッド 10 は、逆台形状となっている（図 24（a））。

【0172】図 24（a）に示す半導体装置 1 と回路配線基板 2 をリフローしてフリップチップ接続を行うと、図 24（b）に示す構造を実現できることになり、樹脂を充填させると、図 4 に示す構造となる。

【0173】同様に、図 6 に示すバンプ電極構造を台形状の電極パッド 10 に対して接触させると、図 25

（a）の構造になり、リフローすると、図 25（b）及び図 1 に示す構造になる。更に、樹脂を充填させた場合は、図 2 に示す構造となる。

【0174】実施例 10

半導体装置をフリップチップ実装する回路配線基板の製

造は、ほぼ図26及び図27に示すような工程に従って行う。即ち、図26(a)に示す銅箔31がラミネートされた1.4mmの厚さのガラスエポキシ積層板30の片面にエッチングレジストを被覆し、所望のパターンをエッチングにより形成する(図26(b))。次いで、感光性の絶縁材料33を基板上に塗布し、先に形成したパターンと、以後形成を行う上層回路パターンとの接続を行うためのビア34を形成する(図26(c))。

【0175】更に、感光性絶縁材料33の全面に銅31を被覆し、電気メッキにより、先に形成した銅の厚みよりも厚い銅31をさらに形成する(図26(d))。上述を同様の方法により、銅が形成された基板上にエッチングレジストを被覆し、所望のパターンをエッチングにより形成する(図26(e))。

【0176】以上の工程を繰り返し行うことにより、ガラスエポキシ基板30上に回路パターンを形成する(図27(a)、図27(b)、図27(c))。なお、本実施例に記載した回路配線基板の製造方法は、SLC技術として既に公知の技術であるため、これ以上詳細な説明は不要であろう。

【0177】回路配線基板の製造方法は、SLCの製造方法のみではなく、通常ガラスエポキシ基板を主材料にした、例えばFR-4基板を用いても良い。更に、回路配線基板の主材料はガラスエポキシ樹脂に限定されるものではなく、例えばアルミナ基板を用いても良いし、AlN基板、シリコンウェハも当然ながら用いることができる。また、回路配線基板上に形成する接続電極パッドは、回路配線基板の配線の一部分を電極パッドとすることが一般的であるため、電極パッドの形成は、基本的には配線の形成と変わるところはない。

【0178】次に、図28は、逆台形状の電極パッドを形成する方法を詳細に示す工程図である。銅箔31がラミネートされた図28(a)に示すガラスエポキシ基板30上の必要部分に対して、40 μ m四方の開口部37が設けられたレジスト膜36を形成する。このレジスト膜36は、例えば実施例1に示すポジ型レジストを用いることで形成可能である(図28(b))。

【0179】次いで、電気メッキ法または蒸着法などに代表させる方法を用いて、例えば銅32を35 μ m堆積させる(図28(c))。更に、堆積させた金属の周囲に形成されているレジスト膜36をアセトンなどで溶解除去し、ラミネートされている銅箔をエッチング除去するためのレジスト膜38を、実施例1に示す方法で再度被覆する(図28(d)及び図28(e))。

【0180】その後、実施例1に示すような、過硫酸アンモニウム、硫酸、エタノールから構成される混合溶液、またはクエン酸、過酸化水素水、界面活性剤から構成される混合溶液、または塩化第3鉄溶液により、銅箔をエッチング除去して、再度レジスト膜38をアセトンなどで溶解除去する(図29(a))。最後に、電極パ

ッドとなる部分以外の領域部分を、例えば公知の技術であるソルダーレジスト膜9で被覆する。以上の工程を行うことにより、回路配線基板上に上部寸法50 μ m、下部寸法40 μ mの逆台形状を有する電極パッド10(32)を形成することができる。

【0181】また、台形状を有する電極パッド10は、図30に記載する方法を用いて行う。即ち、先ず銅箔31がラミネートされた図30(a)に示すガラスエポキシ基板30上に、例えば銅39を全面に厚く、35 μ mの厚さに形成する工程、又は35 μ mの厚さの銅箔39をラミネートする工程を行う。なお、このとき銅箔31は、必ずしも予めラミネートする必要はない(図30(b))。

【0182】次いで、電極パッドに対応する部分に50 μ m四方のレジスト膜38を形成する(図30(c))。

更に、実施例1または上記に記載したエッチング液を用いて、銅39及び銅箔31の必要部分をエッチング除去し、エッチングレジスト膜も溶解除去する

(図30(d)及び図30(e))。続いて最後に、電極パッドとなる部分以外の部分を、例えばソルダーレジスト9により被覆する(図30(f))。以上の工程を行うことにより、回路配線基板30上に、上部寸法40 μ m、下部寸法50 μ mの台形状を有する電極パッド10を形成することができる。

【0183】なお、図28、図29及び図30に記載した方法は、台形状または逆台形状を有する電極パッドを形成するための一例を記載したもので、必ずしも本実施例に記載した方法のみに限定されるものではない。従って、例えばガラスエポキシ基板上に直接銅が配置されている構造のみではなく、異種金属を樹脂基板と銅の間に介在させること、さらに最上層にニッケル膜などを銅とはんだ合金の拡散を防止するために介在させることを行っても良く、その効果が同一な場合は、形成方法及び部分的構造に関しては、種々に変更可能である。

【0184】例えば、図31は、バリアメタル金属を備えない逆台形状を有する電極パッド10が形成された回路配線基板2上に、半導体装置1がフリップチップ実装された状態を示す図であり、図32は、バリアメタルを備えない台形状を有する電極パッド10が形成された回路配線基板2上に、半導体装置1がフリップチップ実装された状態を示す図である。

【0185】実施例11

本実施例では、第1の金属群と回路配線基板の電極構成金属間に第3の金属群を配設する構造を有しており、その詳細について、以下に記載する。

【0186】第3の金属群は、バンプ電極上に形成する第2の金属上に連続的に形成する場合と、回路配線基板の電極パッド上に予め形成しておく場合とがある。例えば、第3金属群を半導体装置側の第2の金属上に予め形成しておく場合は、ボンディングパッド4上に銅柱材6

を形成した上にPb-5%Snはんだ7aを形成し、Pb-63%Sn7bを連続的に積層して、図8に示すようなバンプ電極を形成する。

【0187】次いで、半導体装置を300℃近傍で窒素雰囲気中でリフローして、Pb-5%Sn7aが十分に熔融されていないが、Pb-63%Sn7bに関しては十分に熔融された状態を確保する。この半熔融された状態のはんだで構成されているバンプ電極を有する半導体装置1を、回路配線基板2に対してフリップチップ実装して接続を行うことにより、図33に示す構造を実現する。

【0188】また第3の金属群を回路配線基板上に予め形成しておく場合は、例えば回路配線基板2上の電極パッド10上にPb-63%Snから構成される共晶はんだ41を形成しておき、この電極パッドに対向する様にして、バンプ電極が形成された半導体装置1をフリップチップ実装することにより、図34に示す構造を実現する。

【0189】この半導体装置1上のバンプ電極は、下部に銅6が配置され、上部にPb-5%Sn7が形成された構造を有する場合は、図35(a)及び図35(b)に示す工程を行うことになる。

【0190】また、半導体装置1上のバンプ電極が中心部に銅6が配置され周囲をPb-5%Snで形成されたはんだ7により球状に被覆されている場合は、図36

(a)及び図36(b)に示す工程を行うことになる。

【0191】いずれの場合を行っても、各々はんだが形成された部分を相互接続する形でフリップチップ実装リフローすることで図33に示す構造が実現される。

【0192】なお、半導体装置1上のバンプ電極に融点異なる、例えば第2または第3金属群を配置する方法を行う場合も、回路配線基板2上にはんだ合金を予備形成しておく場合も、本実施例に示した様な方法を組み合わせることにより、図34に示すように、異なる金属層が3層以上積層された構造を実現することが可能になる。

【0193】更に、本実施例の場合、第1金属群6と回路配線基板2の電極パッド10間に配置される隙間部分の第2金属群または第3金属群が、他の第2金属群または第3金属群に比較して最も低ヤング率または低融点であることが望ましいが、逆に高融点であっても良く、この第1金属群6及び回路配線基板2の電極パッド10間に配置される隙間部分の第2金属群が、他の部分を構成する第2金属群に比較してその物性が応力歪みに対して耐性ある物性を有していれば、本発明の範囲内において、他の特性に関しては何ら限定するものではない。

【0194】実施例12

本実施例に係る方法では、バンプ構造を構成するパラメータとして、第1金属群の寸法構造と回路配線基板上の電極パッドの構造寸法、及び第1金属群と電極パッド間

の隙間寸法、及びバンプ電極の幅寸法を応力に対して強固な構造にする範囲設定を行うっている。

【0195】図37は、第1金属群6の厚みが回路配線基板2上の電極10の厚みよりも厚い場合において、電極間の隙間寸法Gを、 G_1 、 G_2 、 G_3 と変えた場合の状態を示す。第1金属群6と電極パッド10との隙間Gが小さくなるのに伴って、バンプ電極内に充填される第1金属群6の割合が高くなるため、バンプ電極サイズが微細になってもバンプ高さを高くできるが、応力歪みによるバンプ電極変形を十分に吸収できなくなるため、逆に信頼性寿命が低下する。ところが、第1金属群6と電極パッド10間の隙間部分においてバンプ電極径を最も大きくすると、信頼性寿命が低下することはない。

【0196】図38は太鼓型バンプ電極を形成するために必要なバンプ電極構造パラメータの関係を図である。ボンディングパッド寸法(l_1)よりも大きく形成されているバリアメタル寸法(l_2)であることが好ましい寸法関係において、バリアメタル寸法は高融点金属の上部寸法(l_4)よりも小さく形成され、さらに回路配線基板2の電極パッド10の幅寸法 L_2 が電極パッド10の上部寸法 L_1 よりも小さい相互関係を有するとき、バンプ電極構造は第1の金属群6を構成する高融点金属群の外形状に添った太鼓型を有することになる。

【0197】さらに図39に示すような寸法関係の構造パラメータを有するときは、つづみ型バンプ構造となる。即ち、ボンディングパッド寸法 l_1 よりも大きく形成されているバリアメタル寸法 l_2 が高融点金属の上部寸法 l_4 よりも大きく形成され、さらに回路配線基板2側の電極パッド10の幅寸法 L_2 が電極パッド10の上部寸法 L_1 よりも大きく形成されている相互関係を有するとき、バンプ電極構造は第1金属群6の隅に添った形状を有する、図39に示すようなつづみ型になる。このときは、第1金属群6と電極パッド10の少なくとも一部分が例えばガラスエポキシ基板部分に接触していることにより、図39の構造を有するバンプ電極が設定可能になる。

【0198】以上記載した太鼓型及びつづみ型バンプ電極構造は、以下に説明する構造パラメータにおいて適切化される。即ち、バンプ電極を構成する薄膜金属群の幅寸法 l_2 、及び回路配線基板2の電極パッド10の下部寸法 W_0 (L_2)がそれらの金属によって挟まれる隙間部分において、太鼓型バンプ構造を有するときは、図40に示すように、 W_1 が最も大きくなる関係 l_2 、 W_0 (L_2) $<W_1$ を示し、さらにつづみ型バンプであるときは、図41に示すように W_2 が最も小さくなる関係、 l_2 、 W_0 (L_2) $>W_1$ を示す構造である。以上のようにより構造パラメータを設定することにより、従来技術では極めて厳密なはんだ量制御を必要としていた方法が必要なくなり、極めて容易な方法で太鼓型またはつづみ型バンプ電極を構成できる。

【0199】実施例13

本発明に係るバンプ電極を備えた半導体装置をフリップチップ実装した実装構造体の性能を評価したところ、以下の結果を得た。

【0200】図42は、温度サイクル試験（ -55°C （30min） $\sim 25^{\circ}\text{C}$ （5min） $\sim 150^{\circ}\text{C}$ （30min） $\sim 25^{\circ}\text{C}$ （5min））を行った場合における50%累積不良率を示す疲労寿命サイクル数 N_{f50} を第2金属群を構成するはんだ合金のヤング率に対して示した結果である。はんだ合金は共晶はんだを用いた場合で評価した。

【0201】第1金属群周囲に配置する第2金属群は、ヤング率が低いとき、 N_{f50} が高い値を示す高信頼性を有することが解る。ところが、ヤング率が高い場合、比較的信頼性寿命は低下する傾向を示し、ヤング率が 0.55×10^{-12} 以上のときはほぼ一定の信頼性寿命を示すようになる。従ってバンプ電極の応力歪みに対する信頼性寿命は、第2金属群のヤング率が低いほど高くすることができると解った。なお、第2金属群を構成する例えばはんだ合金のヤング率は、代表的には第2金属群を構成する金属群の材料及びその組成構成を変更することで実現できる。

【0202】更に、図43は、第2金属群を構成するはんだ合金の融点に対する疲労寿命サイクル数 N_{f50} を測定した結果である。はんだ合金は共晶はんだで評価した。第2金属群であるはんだ合金の融点が高いときは、疲労寿命サイクル数 N_{f50} が低い値を示すが、融点が高くなるのに伴って信頼性寿命は向上し、概ね 350°C 近傍以上において飽和する傾向を示す。

【0203】従って、バンプ電極の応力歪みに対する信頼性寿命は、融点が高いほど高くなること解った。なお、第2金属群は第1金属群との融点の比較であり、第1金属群よりも低い値であればその温度範囲、及び第3金属群との融点に関する組み合わせは必ずしも限定されるものではない。

【0204】また、図44は、第2金属群を構成するはんだ合金の密度に対するバンプ電極中に残留する応力の関係を示した結果である。共晶はんだ組成を電気メッキ法を用いて形成し、フリップチップ実装するためにリフローすると、通常は図44に示す密度範囲において圧縮応力を示す傾向を有するが、はんだ合金の密度が低密度側または高密度側に移行すると、引張応力を示すようになるため応力歪みに対するバンプ電極破壊を防止できるとともに、フリップチップ実装した場合においてもバンプ電極内の応力歪みを緩和できるため、信頼性寿命を向上できる。なお、図42、図43、図44に示した結果は、実施例7に記載した第2金属群の組み合わせ金属群においても同様に得られた。

【0205】図45は、回路配線基板電極の電極上部寸法 L_1 と下部電極寸法 L_3 の比 L_1/L_3 に対する疲労

寿命サイクル数 N_{f50} の関係を示したものである。従って、 $L_1/L_3 < 1$ のときは台形状、 $L_1/L_3 > 1$ のときは逆台形状を有する。信頼性寿命は $L_1/L_3 = 1$ 近傍で最小値を示し、その両側で N_{f50} が向上する傾向を有する。

【0206】半導体装置側に配設する柱材となる第1の金属群が逆台形状を有している場合、半導体装置側と同様に引く抜き強度が向上する。台形状を有している場合は、応力歪みに対して強固な構造となるとともに、十分に熔融されていないはんだで接続するときは、組成変形により押しつぶして接続する方法が容易になる。

【0207】即ち、回路配線基板の電極パッド構造が垂直ではなくて、台形状または逆台形状を有しているときに信頼性寿命が向上することが解った。一方、図46は第1金属群の薄膜金属群と接する角度 θ と、疲労寿命サイクル数 N_{f50} との関係を示すグラフである。角度が 90° 以下の領域において信頼性寿命は最も高い値を示すが、角度が小さくなりすぎると逆に信頼性寿命が低下することが解る。最も信頼性寿命が高い角度は、 90° よりも小さい 80° 近傍であった。

【0208】図47は、薄膜金属群の幅寸法（ l_2 ）に占める第1の金属群の下部寸法（ l_3 ）と、疲労寿命サイクル数 N_{f50} との関係を示すグラフである。バンプ高さに占める金属間隙間 G/h が0.8、ボンディングパッド寸法が $40\mu\text{m}$ 幅の場合で評価した。

【0209】幅寸法において、第1金属群の割合が高くなると、信頼性寿命はいずれのバンプ電極高さにおいても低下するが、割合（ l_3/l_2 ）が概ね0.75近傍から一定値に収束する傾向を有する。ところが逆に、バンプ電極高さが高くなると、信頼性は向上する。この結果は、バンプ電極高さを高くするために配置する金属はその割合が高くなると信頼性寿命は低下させることになるが、ある一定値以上のバンプ電極高さになると、たとえバンプ電極内に金属を配置しても、従来の技術で製造したバンプ電極の信頼性寿命を凌駕して信頼性寿命が向上することを意味している。特に、これまでは銅の占める比が0における $30\mu\text{m}$ 高さ程度のバンプ電極について行われてきたが、バンプ高さを高くすることにより、信頼性寿命は従来以上に向上することが明らかになった。

【0210】更に、図48は、第1金属群のアスペクト比（ $1 - G/h$ ）/ l_3 と、疲労寿命サイクル数との関係を示すグラフである。ボンディングパッドの幅寸法は $40\mu\text{m}$ の場合で評価した。図47に示した結果は、幅寸法方向の第1金属群占有率に対して信頼性を評価した結果であるが、図48は、縦方向の第1金属群占有率を評価した信頼性の結果である。

【0211】この場合においても、第1金属群のバンプ電極内に占有する体積は、アスペクト比が高くなるのに伴って増加することを意味しているため、基本的にはア

スペクト比が高くなるのに伴って信頼性寿命は低下すると考えられる。実際に信頼性寿命を評価した結果も、アスペクト比が高くなるのに伴って信頼性寿命は低下する。

【0212】ところが、図47に示した結果と同様に、ある一定値以上のバンプ電極高さを有するバンプ電極では、たとえアスペクト比が高くなっても従来の技術で製造した第1の金属群が形成されていないバンプ電極の信頼性以上の信頼性を有することが解る。

【0213】また、バンプ電極パッド上に応力歪みの緩和を目的にして、比較的応力の高いニッケル膜などをバンプ電極に被膜せずに銅柱材のみでバンプ電極構造を実現しようとする場合は、銅厚が厚いとはんだ拡散によりはんだ部分と回路配線基板の電極パッドで剥離が生じてしまう。このため、銅を厚く形成してはんだ拡散を防止することが有効となる。このような場合には、銅寸法をバリアメタル寸法と同一にすると、応力が高い膜では剥離が生じてしまうので、比較的寸法幅の小さな金属群を厚く形成することが有効になってくる。

【0214】図49は、第1金属群の電極間距離である隙間Gが、バンプ高さhに占めるギャップ比 G/h に対する疲労寿命サイクル数の関係を示す。ギャップ比が大きくなることは、隙間部分寸法が大きくなることであり、ギャップ比 G/h が小さくなることは、隙間部分が小さくなることである。隙間部分寸法が小さくなるほどバンプ電極高さを高くでき、更に微細化するバンプ電極にも対応可能であることを意味する。

【0215】ギャップ比 G/h が小さくなるほど信頼性寿命は低下するが、バンプ電極高さが高いほどギャップ比の不足分を補って信頼性寿命が向上する傾向を有している。従って、ある一定以上のバンプ電極高さを保持するようにギャップ比を適切化することにより、従来の技術で製造したバンプ電極以上の信頼性寿命を達成できることがわかる。

【0216】図50は、太鼓型バンプ電極を構成する薄膜金属幅寸法 W_0 とバンプ電極中央部の最大バンプ電極径 W_1 との比 W_1/W_0 と、信頼性寿命サイクル数 N_{f50} との関係を示すグラフである。信頼性寿命は、 W_1 が大きくなる寸法設定において N_{f50} が向上する傾向を有しており、さらにギャップ比 G/h が大きいくほど向上する。ところが、 W_1/W_0 を大きくした場合は、微細化に対応できなくなり、 G/h を大きくした場合も同様に W_1/W_0 が大きくなり、微細化に対応できなくなるため、必要とする信頼性寿命と形成するバンプ径との間で任意に設定する必要があることがわかった。

【0217】図51は、つづみ型バンプ電極を構成する薄膜金属幅寸法 W_0 とバンプ電極中央部の最大バンプ電極径 W_2 との比 W_2/W_0 と、信頼性寿命サイクル数 N_{f50} との関係を示すグラフである。信頼性寿命は、 W_2/W_0 が $1/3 > W_2/W_0 > 1$ の範囲内において最大と

なり、バンプ電極高さが高いほど高くなることがわかった。

【0218】なお、 $W_2/W_0 > 1$ のとき、信頼性寿命は、図38及び図39に記載したバンプ電極構造パラメータを排除して、はんだ量とギャップ比だけで制御した太鼓型バンプ電極構造になる場合を示している。従って、本発明の一実施例に係るつづみ型バンプ電極構造では、少なくとも薄膜金属寸法よりも最大バンプ電極径が小さいことが、信頼性寿命を向上させる必要条件となる。

【0219】更に、上述した半導体装置と回路配線基板の電極パッド間距離は、半導体装置自体の熱放散性に基づく信頼性寿命に大きく影響する。図52は、半導体装置—回路配線基板間距離(G)とバンプ電極高さ(h)とのギャップ比(G/h)と、熱伝導率との関係を示すグラフである。図52のグラフから、ギャップ距離

(G)が小さくなり、 G/h が1に近づくにつれて、熱伝導性は向上するが、 $G/h = 0.5$ を越えた近傍から飽和する傾向を示している。

【0220】従って、熱伝導性はギャップGが大きく離れているときは向上しないが、ある程度距離が近づくとう向上し、極めて放熱性が向上することがわかった。この結果は、 G/h が0.5を越えた近傍から信頼性寿命がほぼ一定値を示すようになり、信頼性が低下しないことを意味しており、実際に図52に記載した結果と良く一致している。

【0221】図53は、第1の金属群である例えば銅中に炭素、硫黄を分散させて信頼性を評価した結果である。バンプ電極高さが $100\mu\text{m}$ 、ボンディングパッド幅寸法 $40\mu\text{m}$ で評価した。銅中に炭素、硫黄を分散させた金属をバンプ電極中に配設した場合は、炭素、硫黄濃度の増加に伴って信頼性寿命は増加するが、炭素40wt%、硫黄30wt%程度を越えた範囲からは逆に信頼性寿命 N_{f50} は低下する。

【0222】同様の結果は図54に示すように、第2の金属群であるはんだ中に炭素、硫黄、酸素を分散させた金属においても得られている。炭素が40wt%、硫黄30wt%、酸素10wt%までは信頼性寿命は向上するにも関わらず、この範囲を越えると逆に信頼性寿命は減少することがわかった。以上に示した図53及び図54の結果は、以下に説明するバンプ電極を構成するバンプ電極材料の物性により明らかになった。

【0223】図55は、第1の金属群である銅中に炭素及び硫黄元素を分散配置させて熱伝導率を評価した結果である。銅中に炭素を分散させた場合は概ね40wt%近傍まで順次減少する傾向を有するが、硫黄を分散配置させた場合は10~30wt%で最小値を示し、30wt%以上で増加した後は一定値を示している。

【0224】この結果は、バンプ電極高さを高くするために用いる第1金属群中の応力を減少させる炭素及び硫

黄分散濃度範囲においては、同時に応力歪みの原因の一つとなる熱放散性を良好にすることを意味している。特にこの傾向は、炭素濃度が4wt%、硫黄濃度が3wt%以下のときに著しい。

【0225】同様の結果は、はんだ中に炭素、硫黄、及び酸素を分散配置させた場合にも得られた。従って、図52に示したギャップ比 G/h が0.5を越えた近傍から一定値に近づき飽和する傾向は、ギャップ寸法 G の影響よりも熱伝導性の影響が放熱性に与える影響を上まわり、結果として信頼性寿命を向上させていることがわかった。このため、微細なバンプ電極のバンプ高さを高くするためにギャップ寸法 G を小さくしても、信頼性寿命は低下しない構造を実現できる。

【0226】更に、図56は、第2金属群であるはんだ合金中に炭素、硫黄及び酸素を分散配置させた場合のヤング率を評価した結果である。はんだ中に炭素を分散させた場合は40wt%、硫黄を分散させた場合は30wt%、酸素を分散させた場合は10wt%以下の領域において、ヤング率が低い値を示すことがわかった。

【0227】従って、図54に示すような炭素40wt%、硫黄30wt%、酸素10wt%以下の領域においては、ヤング率が小さくなっているため、発生する応力歪みが緩和され、信頼性寿命が最も高くなることが解った。特にこの傾向は、炭素4wt%、硫黄3wt%、酸素1wt%以下のとき著しい。なお、本実施例では特に記載しなかったが、銅が50wt%以下ではんだ中に拡散、分散された場合も同様の効果が得られた。

【0228】通常、フリップチップ実装するときのはんだのリフローは、はんだ合金の酸化を防止するため、窒素中で十分に酸素濃度を下げて行うが、概ね100ppm以下でリフローするか、またはリフローする前のはんだ合金中に40wt%以下の酸素を分散させておくと、フリップチップ実装後において10wt%以下の酸素濃度範囲を実現できる。

【0229】なお、図56に示した結果は、実施例7に記載した図17に示した組み合わせ金属群においても同様に得られた。

【0230】実施例14

本発明の特徴を備えたバンプ電極は、ボンディングパッド寸法がファインピッチになり、形成するバンプ電極を小さくする必要が生じる場合でも、十分にバンプ電極が形成可能であった。

【0231】図57は、バンプ電極中に柱材を配置することにより、従来の方法では形成不可能であったバンプ電極ピッチでも形成可能になることを示す。そうすることにより、さらに信頼性寿命を向上するために必要なバンプ電極高さを同時に確保できる。

【0232】図58は、第1金属群と回路配線基板との電極パッド距離 G がバンプ電極高さ h に占有するギャップ比 G/h と、形成可能なバンプ電極高さとの関係を示

すグラフである。図58から、ギャップ比 G/h が0に近づくにつれて、形成可能なバンプ電極高さは向上する。当然ながらボンディングパッド寸法が大きくなるにつれて形成可能なバンプ電極高さは向上する。ところが、 $G/h=0.5$ 近傍からは G/h が小さくなくても、ほぼ一定の値を示すようになる。この結果から、バンプ電極内に柱材となる第1金属群を配置することにより、明らかにバンプ電極高さを高くでき、信頼性寿命を向上できることがわかる。

【0233】図59は、フリップチップ実装した半導体装置実装構造体のギャップ比 G/h と、形成可能な最小バンプ電極径との関係を示すグラフである。従来の技術であるギャップ比が1に近いときはバンプ電極径を小さくできないが、ギャップ比が小さくなるのに伴って形成可能なバンプ電極径は小さくでき、概ね0.5近傍から一定の値を示す様になる。

【0234】これらの結果から、ある程度ギャップ比を小さくすれば、形成するバンプ電極の高さを高くできるとともに、バンプ電極径も小さくできるため、必ずしもギャップ比 G/h を0近傍にする必要のないことがわかった。

【0235】実施例15

本発明の半導体装置実装構造体のバンプ電極は、第1金属群厚みが回路配線基板の電極厚みより厚い場合において効果を発揮することを、前記実施例において記載した。

【0236】図60(a)は、本実施例に係る半導体装置実装構造体のバンプ電極構造を示し、構造パラメータは $H>H_0$ である。ところが、実施例13に示した性能評価を行ったところ、図60に示す構造パラメータ $0\leq H<H_0$ を有する場合であっても、信頼性寿命は低下しないことがわかった。即ち、バンプ電極の高さを高くする役割を回路配線基板側に持たせるもので半導体装置側の第1金属群高さを最終的には0にしても、信頼性寿命を確保できるものである。

【0237】図61は、第1金属群の高さ H に対する回路配線基板の電極高さの比 H_0/H と、疲労寿命サイクル数 N_{f50} との関係を示したものである。 $H_0/H>1$ のときは、上述したように、 N_{f50} は高い値を示すが、 $H_0/H<1$ の場合においても、特に $0.5<H_0/H<1$ 以上のときはある程度の信頼性寿命を確保できる。このため、 $H_0/H=0$ のときも必要に応じては信頼性寿命を確保できる。従って、 H_0/H を逆にした $H/H_0=0$ のときも、当然ながら図61に示す結果と同様の結果を得ることになる。

【0238】なお、本実施例に係るバンプ電極を備えた半導体装置を回路配線基板にフリップチップ実装した実装構造体の信頼性を高温バイアス試験(85℃、85%、 $V_{DD}=5V$)で評価したところ、従来の太鼓型バンプで60 μm 四方のはんだバンプ電極を形成してフリッ

ブチップ実装した半導体装置は、500Hでマイグレーションが発生したのに比較して、本実施例による方法では、3000Hまで絶縁性は充分であり、マイグレーションは発生しなかった。

【0239】更に、半導体装置を $14 \sim 17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とシリコンの $3.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の約1桁熱膨張係数が異なるガラスエポキシ基板上に図1の接続構造でフリップチップ実装した結果、温度サイクル試験（ -55°C （30min） $\sim 25^{\circ}\text{C}$ （5min） $\sim 150^{\circ}\text{C}$ （30min） $\sim 25^{\circ}\text{C}$ （5min））を3000サイクル行っても不良は発生しなかった。同様に、高温保存試験（ 150°C ）を1000H行っても、銅とはんだの拡散に起因するバリアメタル剥離不良は発生しなかった。

【0240】同様の結果は、バンプ電極を構成するバリアメタル寸法 L_2 を高融点金属群の上部寸法 L_1 よりも大きくしてつづみ型バンプとしたフリップチップ実装構造体でも得られた。即ち、高温バイアス試験では、3000Hまでマイグレーションに起因する不良は発生せず、温度サイクル試験においても3000Hまで応力歪みに起因する不良は発生しなかった。

【0241】また、高温保存試験においても、拡散に起因するバリアメタルの剥離不良は同様に発生しなかった。従って、以上の結果から、本発明による半導体装置の信頼性は充分であることが解った。

【0242】更に、本発明による構造を備えた半導体装置実装構造体としては、半導体装置上に形成されるバンプ電極を構成する第1金属群と回路配線基板の電極パッド間に隙間を形成し、この隙間に第2金属群または第3金属群を配置した構造について、その効果を説明してきたが、本発明に係るバンプ電極を構成する金属材料の物性が有する特徴は、例えば、特願平3-126406号においてもその効果を発揮し、信頼性寿命は向上した。

【0243】また、以上の実施例1から実施例15において、第1金属群及び第2金属群中に分散配置された金属が残留応力歪みを減少させ、信頼性寿命を向上させることを記載した。ところが、第1金属群及び第2金属群中に分散配置した炭素、硫黄、酸素元素は、金属の降伏応力をも同時に向上させ、応力歪みに対して強度が向上することがわかった。特に、炭素40wt%、硫黄30wt%、酸素10wt%以下の濃度範囲を分散配置させた場合は、残留応力が示す挙動とほぼ同様の挙動を示し、信頼性寿命が従来技術を用いた場合以上に増加した。

【0244】更に、同様の挙動は、第1金属群及び第2金属群の硬さについても見出だされ、第1金属群は炭素40wt%、硫黄30wt%の範囲内において硬さが減少することがわかった。従って、バンプ電極内に、例えば銅を配置しても、従来の炭素及び硫黄元素を分散配置させない場合に比較して信頼性は極めて向上することがわかった。

【0245】一方、第1金属群は柱材となるため、本来は高さが均一であることが望ましいが、例えば $\pm 5 \mu\text{m}$ の範囲内で高さのばらつきがある状態で回路配線基板にフリップチップ実装を行う場合、電極パッド表面の凹凸が著しい多層配線基板においても、高さのばらつきを良く吸収でき、接続不良が発生することはなかった。この結果は、バンプ電極高さのばらつきが第1金属群と回路配線基板の電極パッド隙間を形成し、この部分で接続を不良にしていることに起因していた。さらにこの隙間部分は、フリップチップ実装を行うときの加圧力による衝撃を吸収緩和して、特に回路配線基板の電極パッドにダメージを与えないという効果を示した。

実施例16

以下、図62～図66を参照して、本発明の実施例を説明する。図62は、本実施例に係る半導体装置の第1の例であり、図63は、本実施例に係る半導体装置の第2の例であり、図64及び65は、本実施例に係る半導体装置の製造方法を実現するための製造工程を示す断面図であり、図66は、本実施例に係る半導体装置の第3の例である。

【0246】図62～図66において、参照符号100は半導体基板、200はカソードメタル、300はバンプ電極金属、400はレジスト膜、310はボンディングパッド、320はパッシベーション膜、330はメッキレジスト、340はCu金属突起、350はハンダ膜、360はレジスト、370はガラスマスク、380はマスクパターン、390は配線基板である。

【0247】先ず、図64において、半導体素子100上にボンディングパッド310が形成され、ボンディングパッド310の部分を除いてパッシベーション膜320が形成されているウェハー上に、例えばCu/Tiを全面蒸着してカソードメタル200を形成する。（図64（a））。

【0248】次いで、レジストAZ4903（ヘキストジャパン）をスピコートして膜厚 $50 \mu\text{m}$ のレジスト330を形成し、露光、現像により $20 \mu\text{m}$ の開口を有するボンディングパッド310よりも1辺が $5 \mu\text{m}$ 小さい、 $10 \mu\text{m}$ の寸法の開口部を形成する（図64（b））。このレジスト膜330は、Cu/Ti膜200と 90° 未満の接触角を有している。

【0249】こうしてボンディングパッド310に対応する部分のボンディングパッドよりも小さな寸法でレジスト330が開口されているウェハーを、硫酸銅 250 g/l 、硫酸（比重1.84） 50 g/l からなる溶液に浸漬して、浴温度 25°C で先のTi/Cuを陰極とし、高純度銅板を陽極とし、電流密度 5 A/dm^2 印加して緩やかに攪拌しながら銅を $35 \mu\text{m}$ メッキする。

【0250】次いでメッキ浴を全スズ 40 g/l 、第1スズ 35 g/l 、鉛 44 g/l 、遊離ホウ酸 40 g/l 、ホウ酸 25 g/l 、ニカワ 3.0 g/l からなる溶

液に変えて、先の場合と同様にCu/Tiを陰極とし、40%スズを陽極として電流密度 3.2 A/dm^2 印加して浴温度 25°C で緩やかに攪拌しながらPb/Sn=40/60合金を $15\text{ }\mu\text{m}$ 連続メッキする(図64(c))。

【0251】2種類の銅及びPb/Sn合金がボンディングパッドのみメッキされたウェハのメッキレジストAZ-4903をアセトンにより除去する。(図64(d))。

【0252】次いでCu/Ti上に突起電極が形成されているウェハー上に、例えば画像反転型レジストAZ5214E(ヘキストジャパン)の粘度調整を行った溶液をスピンコートして、レジスト膜を形成する。このときのレジスト膜は、バンプ金属に対応した形状を表面に有しており、バンプ金属上で $10\text{ }\mu\text{m}$ の厚さ、バンプ金属が形成されていないカソードメタル部分で $55\text{ }\mu\text{m}$ の厚さであった。(図64(e))。

【0253】次いで突起金属 $10\text{ }\mu\text{m}$ よりも開口寸法が $2\text{ }\mu\text{m}$ 大きい一辺が $14\text{ }\mu\text{m}$ の開口パターンを有するガラスマスクを必要位置に位置合せした後、露光する(図64(f))。露光は露光エネルギー 2000 mJ で行い、露光後 150°C でウェハーをホットプレート上でベークする。ベークしたウェハーを現像液に浸漬して現像する。

【0254】以上の様な工程を行うことにより、図63に示した様なレジストが形成される。レジストは下部が突起金属とカソードメタルが接している部分まで、上部は突起金属を十分に覆った逆テーパー形状で突起金属上に形成される(図65(a))。

【0255】次いで、過硫酸アンモニウム/硫酸/エタノールからなる混合溶液でCuをエッチング後、EDTA、アンモニア、過酸化水素水からなる溶液でTiをエッチングして、最後に形成したエッチングレジストをアセトンで除去する(図65(b))。この様にエッチングすることにより、角度 90° 未満のバリアメタルを形成でき、突起金属は溶解させることなく、電気メッキ後の状態を保っている。

【0256】次いで、公知の技術であるハーフミラーを具備して位置合せを行うフリップチップボンダーを用いて、半導体チップと配線基板の位置合せを行い、バンプと基板の電極を接触させる。このとき、基板は加熱機構を有するステージ上に保持され、Pb/Sn=40/60はんだの融点よりも高く、Cuの融点よりも低い 280°C に予備加熱されている(図65(c))。

【0257】更に、半導体チップと基板とが接触された状態で、半導体チップを保持するコレットを基板を搭載するステージと同じ温度 280°C に窒素雰囲気中で加熱し、バンプに形成されているハンダを溶融させることにより、半導体チップと基板の電極を電氣的に接続させる。このとき、バリアメタル寸法 l_1 は高融点金属の上

部寸法 l_1 よりも小さくなっているため、バンプ形状は高融点金属の外形状に添った太鼓型になる(図65(d))。

【0258】以上説明した突起金属を有するウェハーのカソードメタルのエッチング精度を評価したところ、以下の結果を得た。

【0259】バンプ電極寸法 $10\text{ }\mu\text{m}\phi$ 、ギャップ $10\text{ }\mu\text{m}$ に対応するレジストは上部 $15\text{ }\mu\text{m}$ 、下部 $11\text{ }\mu\text{m}$ の形状となり、エッチングしたカソードメタルは $11\text{ }\mu\text{m}\phi$ 、ギャップ $9\text{ }\mu\text{m}$ となった。従来技術のポジ/ネガ型のレジストを用いてエッチングした場合のカソードメタル $18\text{ }\mu\text{m}\phi$ 、ギャップ $2\text{ }\mu\text{m}$ に比較してエッチング精度は飛躍的に向上した。

【0260】更に、レジストを用いないで、突起金属がエッチング液に対して溶解する速度の違いを利用してメタルをエッチングした場合はバンプ電極 $2\text{ }\mu\text{m}\phi$ 、ギャップ $2\text{ }\mu\text{m}$ であった。さらに従来技術ではエッチング液に対して露出している金属が部分的に腐食されていたが本発明による方法では金属が溶解することはなく高精度にエッチングされていた。

【0261】また、以上の様な方法を用いてバンプ金属を形成した半導体チップを配線基板にフリップチップ実装して高温バイアス試験(85°C 、 85% 、 $V_{DD}=5\text{ V}$)を実施したところ、従来のエッチング精度が高くない方法を用いて製作した半導体装置は 500 H でマイグレーションが発生したのに比べ、本発明による方法では 3000 H まで絶縁性が充分であり、マイグレーションは発生しなかった。

【0262】さらに半導体素子を $14\sim 17\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ とシリコンの $3.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ の約1桁熱膨張係数が異なるFR-4基板上に図62に示す接続構造でフリップチップ実装した結果、温度サイクル試験(-55°C (30 min) $\sim 25^\circ\text{C}$ (5 min) $\sim 150^\circ\text{C}$ (30 min) $\sim 25^\circ\text{C}$ (5 min))を 3000 サイクル行っても不良は発生しなかった。

【0263】また、バリアメタル寸法 l_2 を高融点金属の上部寸法 l_2 よりも大きくしてフリップチップ実装する場合は図63に示すように、高融点金属の隅を添ったつづみ型になった。

【0264】この場合も、バリアメタルのエッチング精度は上述した場合と同様に、従来技術を用いた場合に比較して、飛躍的に精度が向上し、高温バイアス試験においても 3000 H までマイグレーションに起因する不良は発生しなかった。更に、温度サイクル試験を行った場合においても、 3000 H まで不良は発生しなかった。従って、以上の結果から、本実施例に係る半導体装置は、その信頼性は充分であった。

【0265】本実施例においては、上述のように高融点金属はバンプ側と基板側の各々が必ずしも離れている必要はなく、図66に示す様に高融点金属が互いに接触し

ていても良い。さらにバンプ電極を形成する金属はCu、Pb/Snに限定されるものではなく、In、Sb、等を添加しても良くその材料は限定されるものではない。同様にカソードメタルもCu/Tiのみならず異なる金属の積層膜であっても良い。さらに実施例中に示した電気メッキの際に陰極となるバリアメタルはその寸法、厚み、構成について限定されるものではなく、レジストについても同様に限定されない。エッチングレジスト及びエッチング方法についても同様で実施例に記載した内容で限定されるものではない。

【0266】本実施例によれば、融点の異なるバンプ金属内部に配置される高融点金属とバリアメタルとの接触角が 90° 以上となる逆台形状を有するため、つづみ型バンプ及び太鼓型バンプのいずれのバンプ形状も任意に設定可能になる。従って、必要形状のバンプが容易に実現でき信頼性が向上する。さらに、基板上に形成されるバリアメタルは基板と 90° 未満の角度を有しているため、熱ストレスに耐性を有するようになる。

【0267】また、バンプ電極金属上に形成されるレジスト膜は、熱処理によってネガ/ポジの逆転が生じるため、レジスト膜はバンプ電極の側面まで保護される。さらにそのレジスト膜は最もバンプ電極金属が露出しやすい部分において厚く形成されるために、カソードメタルをバンプ電極金属部分を除いて選択的に高精度にエッチングできる。

【0268】ネガ/ポジの逆転が生じる形成するレジスト膜は従来の方法とは異なり露光される部分が最も膜厚が薄くなるため充分に露光が可能になる。さらに、バンプ電極下部のカソードメタルと接する部分まで露光を充分に行うため、求められる露光エネルギーの増加はバンプ電極金属上のレジスト膜に逆テーパ形状を生じさせる。

【0269】従って、結果的にレジスト膜はバンプ電極金属の形状に沿った形で逆テーパ形状を有し、最もバンプ電極金属が露出しやすい部分で厚くなりエッチングに対する信頼性が向上する。

【0270】さらにバンプ電極金属のカソードメタルと接する部分の側面部分までレジスト膜が形成できるため、微細なギャップ部分を精度良くエッチングできる。

【0271】さらにまた、電気メッキを用いて金属を堆積する場合、析出異常により微小なバンプ電極金属が形成される場合がある。ところが本発明による方法を用いれば、バンプ電極金属部分のみが露出し、他の部分は露出しないでレジストが形成されるため、エッチングにより選択的に異常析出部分のみを除去できる。

【0272】従って、高アスペクト比形状を有するバンプ電極金属を熱ストレスに耐性のある構造にすることができ高精度にエッチング可能になるため、信頼性が高い半導体装置を実現可能になる。

【0273】なお、本発明は上記実施例に限定されるも

のではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【0274】例えば、上述の実施例中ではある特定の材料を用いてバンプ電極形成を説明したが、実施例中に記載した材料に限定されるものではない。更に、本実施例では、太鼓型及びつづみ型バンプ電極を各々形成した半導体装置及びその実装構造体について説明したが、当然、これらのバンプ電極が同一の半導体装置に混在された半導体装置、及びその実装構造体であっても良く、その構成及び内容については何ら限定されるものではない。

【0275】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、半導体装置をフリップチップ実装する前工程における半導体チップ上に形成したバンプ電極構造が逆台形状とすることにより、薄膜金属に対する接着面積が小さくなる。従って、高さの高いバンプ電極の形成を目的にしてバンプ電極内に融点が高く熱伝導率が低い柱材金属を配置しても、第1金属群中の残留する応力を小さくすることが可能である。更に、第1金属群の体積が第2金属群の体積よりも小さく設定されているため、バンプ電極中に残留する応力も小さくすることが出来る。

【0276】また、バンプ電極を構成する構造パラメータを $l_2 > l_1 > l_3$ または $l_2 > l_3 > l_1$ とすると、薄膜金属の幅寸法がボンディングパッドの幅寸法よりも大きく、第1金属群が薄膜金属の幅寸法よりも小さいため、バンプ電極に残留する応力を小さくすることが出来る。更にまた、このバンプ電極構造パラメータの1つとして第1金属群のアスペクト比を0.01~200の範囲内に設定することにより、バンプ電極中に残留する応力を減少することが可能である。

【0277】残留する圧縮応力が減少しない場合は、バリアメタル金属である薄膜金属の剥離が生じるが、以上の構成にすることにより、第1金属群中に残留する応力、及びバンプ電極中に残留する応力を小さくすることが出来、特に応力歪みに対する信頼性寿命を従来技術以上に向上することが可能である。

【0278】また、配設する第1の金属群を構成する第1金属群中に、炭素を40wt%以下、硫黄を30wt%以下の濃度範囲で分散させた場合、炭素及び硫黄が分散されていない場合に生じる圧縮応力を、逆の引張応力に変換することが出来、薄膜金属の剥離を防止することが出来る。同様の効果は、第2金属群を形成するはんだ中に、40wt%以下の炭素、30wt%以下の硫黄、10wt%以下の酸素を分散させた場合にも得られる。

【0279】この引張応力の効果は、形成するバンプ電極の信頼性寿命を考慮したバンプ電極構造パラメータの関係から、例え、第1金属群中に圧縮応力が残留する構造とした場合でも、バンプ電極全体として残留する応力を引張応力に変換するため、結果的にはバンプ電極に発

生する応力を引張応力にすることが可能になり、バリアメタル剥離を防止でき、信頼性寿命が向上する。

【0280】また、第1金属群に炭素、硫黄を一定の濃度範囲内で分散させた場合、及び第2金属群中に一定濃度範囲内で炭素、硫黄、酸素を分散させた場合は、電気抵抗率も各々の元素を分散させない場合と比較して小さくできるため、フリップチップ実装する半導体装置の特性を十分に発揮させることができる。

【0281】更に、本発明によれば、フリップチップ実装工程におけるバンプ高さを高くするために、融点が高く、熱伝導率が高い第1の金属群バンプ電極内に配設している。そのため、従来の技術では形成不可能であった微細構造を有するバンプ電極の高さを高くすることができる。バンプ高さを高くすることにより半導体装置と回路配線基板間のギャップ量を大きくすることが出来るため、封止樹脂をギャップ間に配設した場合には樹脂内に発生する応力を小さくすることが出来、樹脂の信頼性が向上するとともに、バンプ電極に加わる応力歪みを減少することが出来るため、信頼性寿命が向上する。

【0282】また、熱伝導率が高い第1の金属をバンプ電極内に配置することにより、半導体チップからの放熱を良好にすることができ、半導体装置と回路配線基板間の熱膨張係数差が大きい場合でも発熱量を小さくすることが出来るため、結果的に変位量に起因する応力歪みを小さくすることが出来る。

【0283】また、第1の金属群の形状が逆台形状を有している場合、バンプ電極の引抜き強度を向上することができるとともに、薄膜金属との応力差が発生する部分を小さくすることができる。従って、台形状を有する第1の金属群を配置している半導体装置実装構造体と比較して、バンプ電極の破壊を容易に防止することが出来、信頼性寿命を向上することが出来る。特に、薄膜金属群と接する部分の角度を $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の範囲に設定した場合には、信頼性が向上する。

【0284】また、バンプ電極中の第1の金属群と回路配線基板間に、少なくとも一部分に第2の金属群と比較して融点が高いか又はヤング率が低い第3の金属、または第1金属群の周囲を覆う第2金属群よりも密度が低い第2金属群を配設した場合には、最も応力が集中する部分においてバンプ電極が破壊されるという問題を解決することが出来る。一方、第2金属群の融点に関しては、フリップチップ実装したバンプ電極の融点が高いほど信頼性寿命は向上するため、融点の異なる金属群を配置する場合において、第1金属群と回路配線基板の隙間部分に融点が高い金属を配置することにより、信頼性は極めて向上する。

【0285】さらに、前記隙間部分を中心にしてバンプ形状を太鼓型、つづみ型のいずれの構造にも容易に実現でき、太鼓型バンプ電極では隙間部分において最も大きな径、つづみ型バンプ電極では隙間部分において最も小

さな径を有しているため、信頼性寿命を向上できる。このバンプ電極の形状は、第1金属群及び回路配線基板の電極パッド寸法とバリアメタル寸法との関係で規定されているため、バリアメタル寸法を考慮した円柱体積よりはんだ量を大きくする方法、または小さくする方法で規定していた従来の方法と比較して、容易に太鼓型またはつづみ型バンプ構造が実現可能になる。

【0286】この第1金属群は、ボンディングパッド寸法よりも大きい薄膜金属上に薄膜金属群よりも小さい幅寸法を有しており、アスペクト比は $0.01 \sim 200$ の範囲内に設定しているため、本来は応力歪みに対して十分にバンプ電極の変形が起きない構造である、柔らかい金属中に剛性の金属群を配置させても、従来の寸法を考慮しない技術によるバンプ構造を用いたフリップチップ実装構造体よりも信頼性寿命を向上できる。

【0287】更に、本発明では、第1金属群と回路配線基板の電極パッドに隙間部分を配置した場合には、回路配線基板に大きな凹凸がある例えばガラスエポキシ基板上に銅張配線を形成したような場合は、凹凸を吸収して回路配線基板に対して半導体装置を平行にフリップチップ実装でき、信頼性が向上する。

【0288】更にまた、配設する第1の金属群中に炭素 $40 \text{ wt} \%$ 以下、硫黄を $30 \text{ wt} \%$ 以下分散させた場合には、炭素または硫黄を分散させていない場合に比較して圧縮応力を十分に緩和でき、薄膜金属の剥離を防止できる。

【0289】また、第1の金属群の周囲に配設される第2の金属群に少なくとも炭素 $40 \text{ wt} \%$ 以下、硫黄 $30 \text{ wt} \%$ 以下、酸素 $10 \text{ wt} \%$ 以下のいずれかを分散させた場合には、前記元素を分散させていない場合に生じる引張応力を圧縮応力に変換でき、第1の金属群で残留した引張応力を調整することで、結果的にバンプに加わる応力を0にすることが可能になる。

【0290】以上記載したバンプ電極構造を有する半導体実装体は、半導体装置を熱膨張係数が著しく異なる樹脂基板からなる例えばガラスエポキシ基板上にフリップチップ実装した場合において、特に、その効果は従来の技術を用いて行ったフリップチップ実装構造体に比較して著しく大きいものとなる。

【0291】従って、本発明によれば、半導体装置及びその実装構造体を、信頼性良く、容易な手段で実現可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図2】本発明の第2の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図3】本発明の第3の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図4】本発明の第4の実施例に係る半導体装置実装構

構造体を示す断面図。

【図 3 2】本発明の第 6 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 3 3】本発明の第 7 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 3 4】本発明の第 8 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 35】本発明の他の実施例に係る半導体装置実装構造体の製造工程を示す断面図。

【図 3 6】本発明の他の実施例に係る半導体装置実装構造体の製造工程を示す断面図。

【図 37】本発明の第 9 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 38】本発明の第 10 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 39】本発明の第 11 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 40】本発明の第 12 の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図４１】本発明の第１３の実施例に係る半導体装置実装構造体を示す断面図。

【図 4 2】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 43】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 4 4】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

特性図。

【図 4 5】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図 4 6】 本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図 47】 本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図 4.8】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

【図 48】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 49】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図50】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図 5 1】 本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図 5 2】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図53】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図54】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

【図5.5】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 5.3】本発明の中等体装置美装構造体の効果を示す特性図。

【図 5 6】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す

特性図。

【図 5 7】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 5 8】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 5 9】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 6 0】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 6 1】本発明の半導体装置実装構造体の効果を示す特性図。

【図 6 2】本発明の他の実施例に係る半導体装置を示す断面図。

【図 6 3】本発明の他の実施例に係る半導体装置を示す断面図。

【図 6 4】本発明の他の実施例に係る半導体装置の製造工程を示す断面図。

【図 6 5】本発明の他の実施例に係る半導体装置を示す断面図。

【図 6 6】本発明の他の実施例に係る半導体装置を示す断面図。

【図 6 7】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

【図 6 8】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

【図 6 9】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

【図 7 0】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

【図 7 1】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

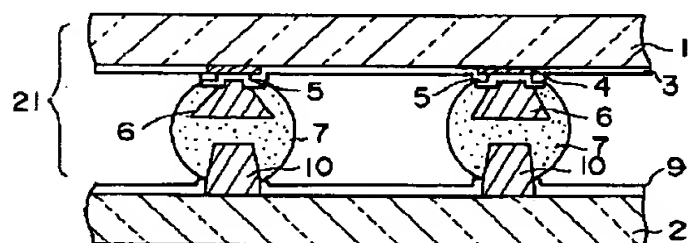
【図 7 2】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

【図 7 3】従来技術に係る半導体装置を示す断面図。

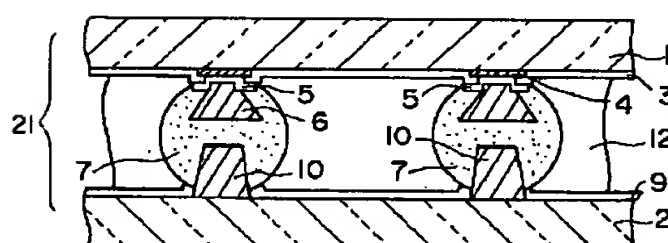
【符号の説明】

1…半導体チップ、2…回路配線基板、3…パッシベーション膜、4…ボンディングパッド、5…バリアメタルとなる薄膜金属、6…第1の金属群、7…第2の金属群、8…回路配線基板の電極パッドを構成する金属、9…ソルダーレジストまたは回路配線基板の保護膜、10…回路配線基板の配線電極金属、11…回路配線基板の電極バリアメタル、12…半導体チップと回路配線基板の隙間を充填する樹脂、21…半導体装置、22…カソードメタル、23…メッキレジスト、24…パンプ電極形成領域、25…エッチングレジスト、26…ガラス、27…パンプ形成パターン、28…ガラスマスク、29…半導体チップと回路配線基板の隙間、30…ガラスエポキシ樹脂、31…銅箔、32…回路配線パターン、33…感光性絶縁材料、34…接続ビア、35…スルホール、36…メッキレジスト、37…電極形成領域、38…エッチングレジスト、39…銅膜、40…第1の金属群と回路配線基板電極パッドの隙間、41…第3の金属群、42…パンプ電極金属。

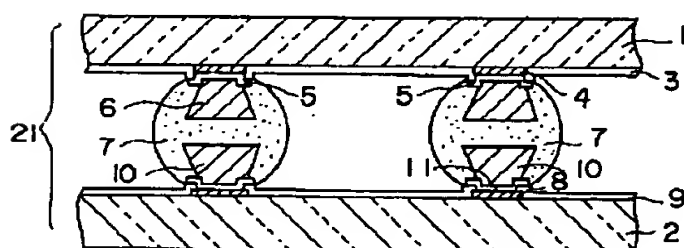
【図 1】



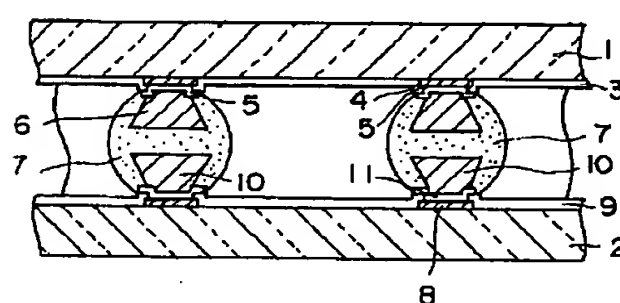
【図 2】



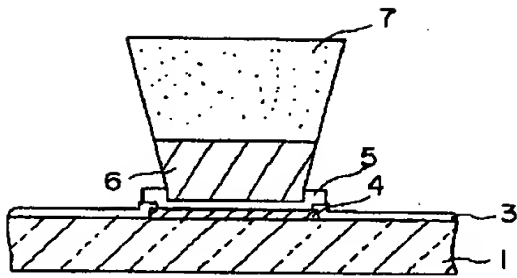
【図 3】



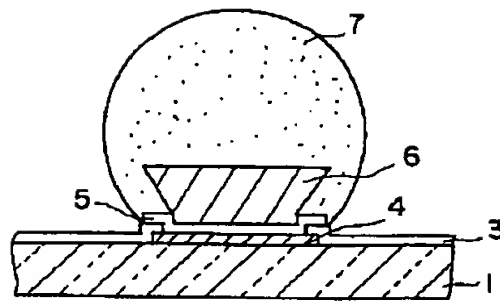
【図 4】



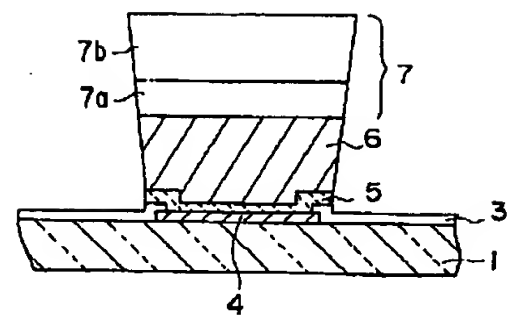
【図5】



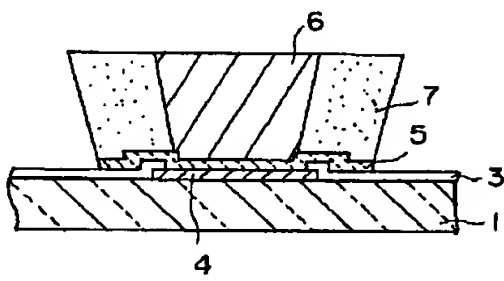
【図6】



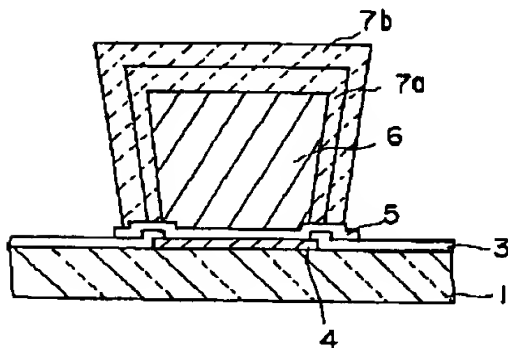
【図8】



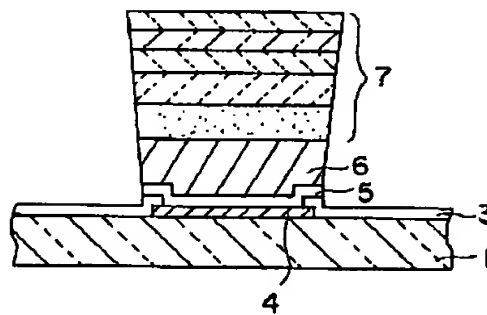
【図7】



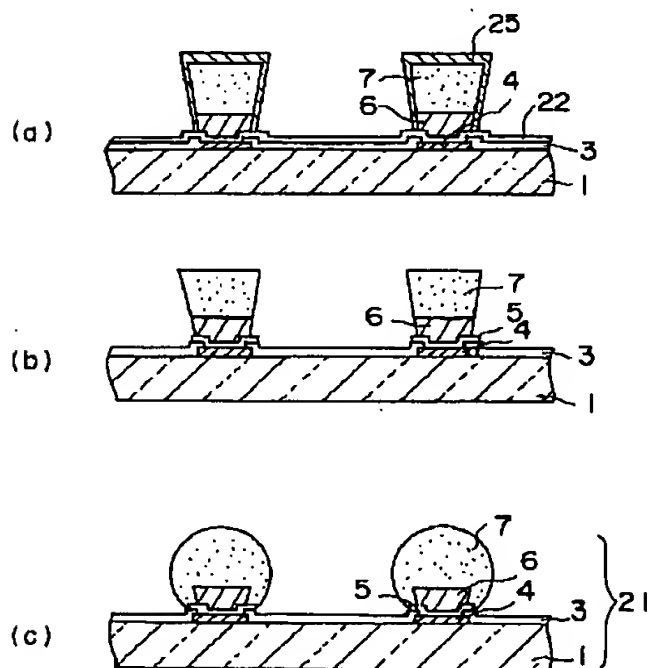
【図9】



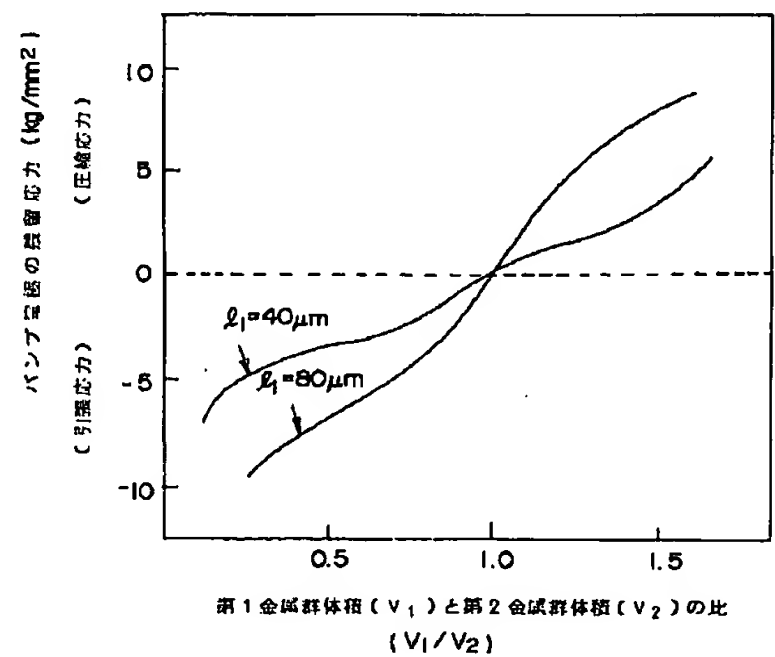
【図10】



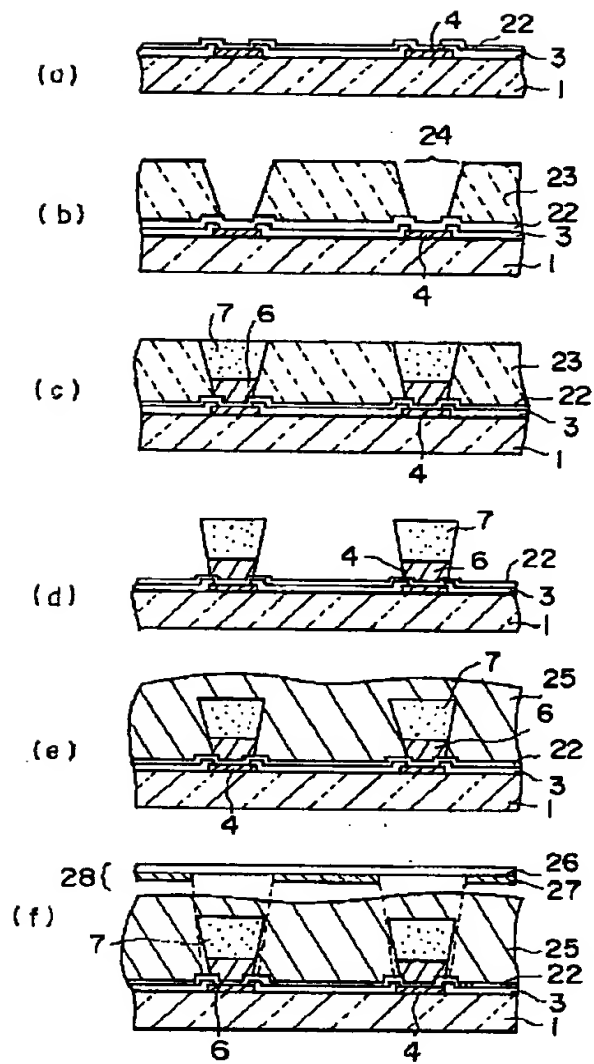
【図12】



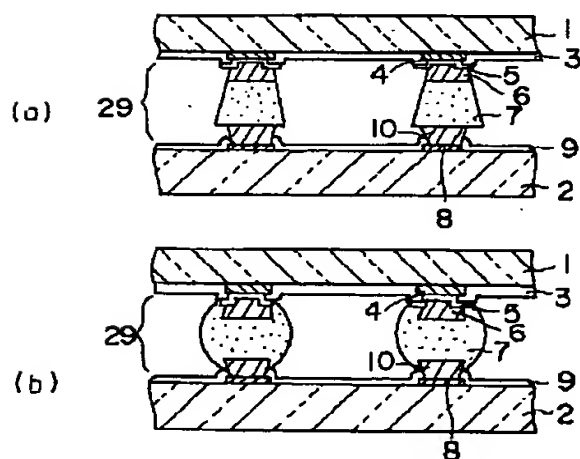
【図13】



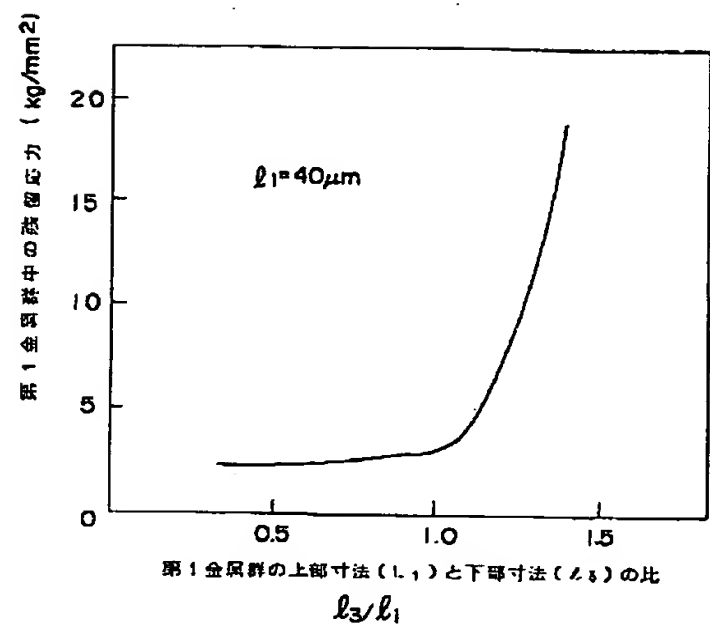
【図11】



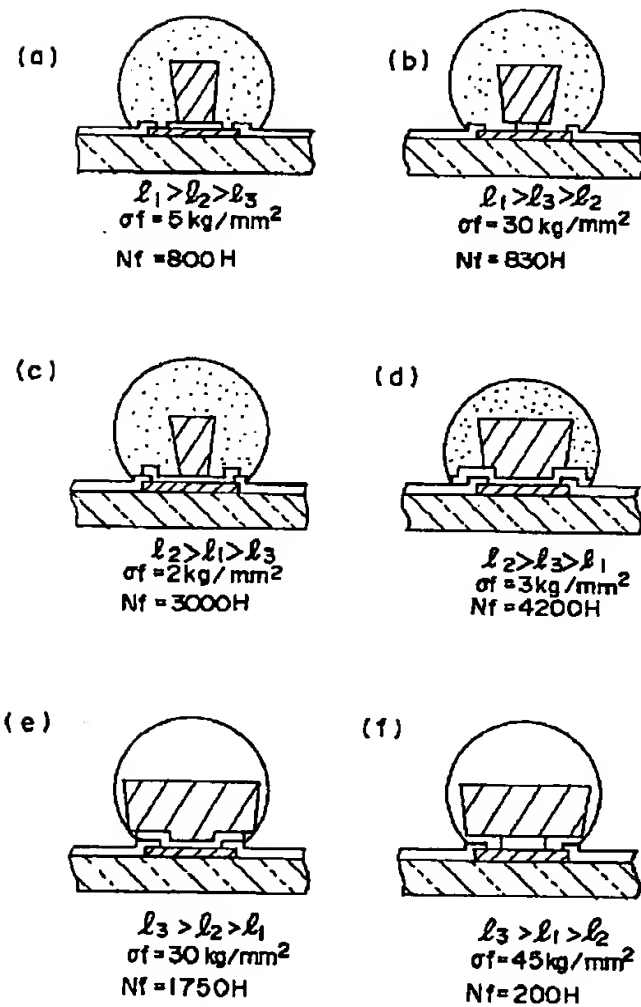
【図22】



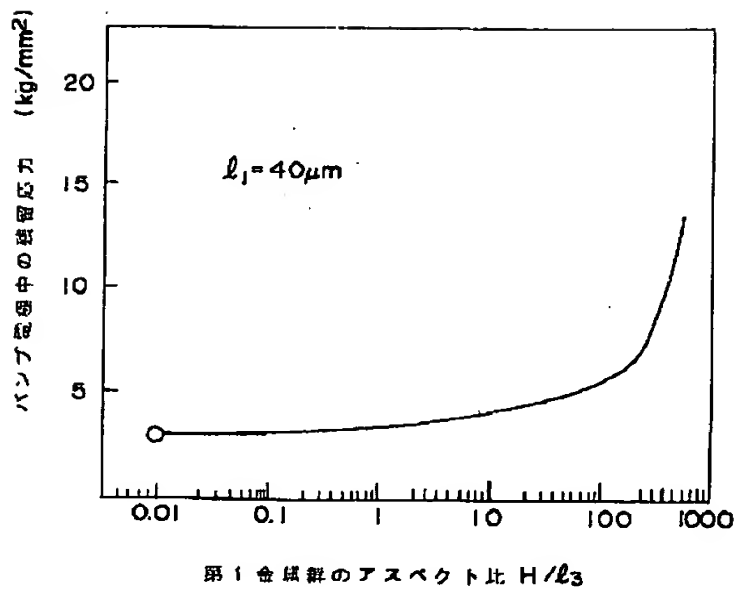
【図14】



【図15】



【図16】

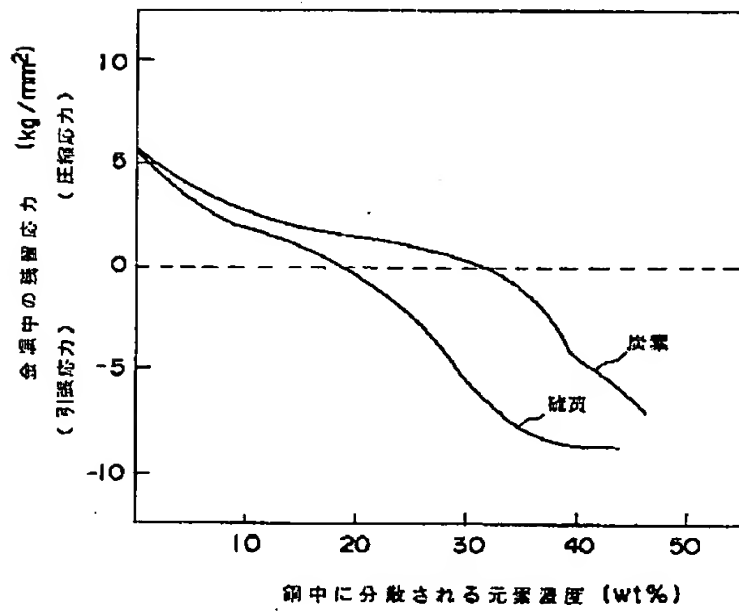


【図17】

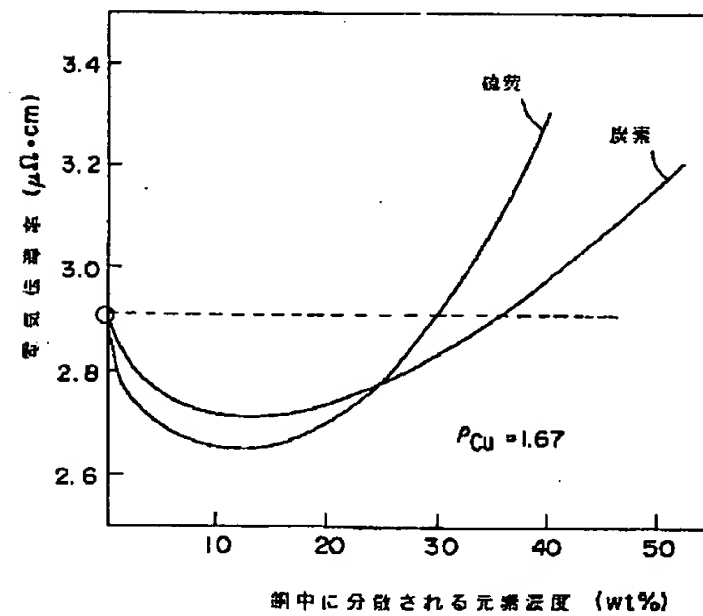
	はんだ	銅	鉛	インジウム	アンチモン	ゲルマニウム
はんだ		○	○	○	△	△
銅	○		○	○	○	△
鉛	○	○		○	○	○
インジウム	○	○	○		○	○
アンチモン	△	○	○	○		△
ゲルマニウム	△	△	○	○	△	

○ 残留応力減少
 △ 残留応力変化なし
 × 残留応力増加

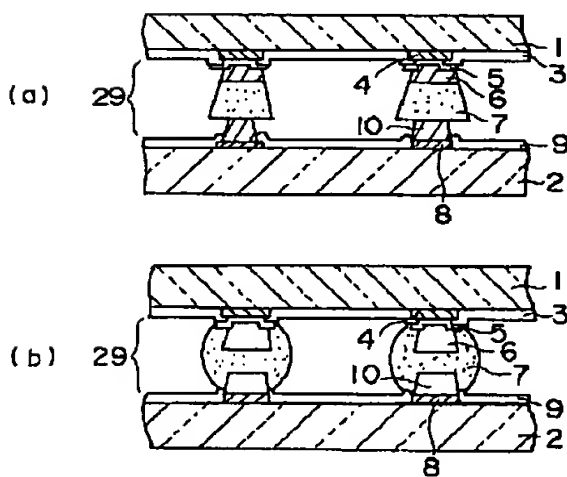
【図18】



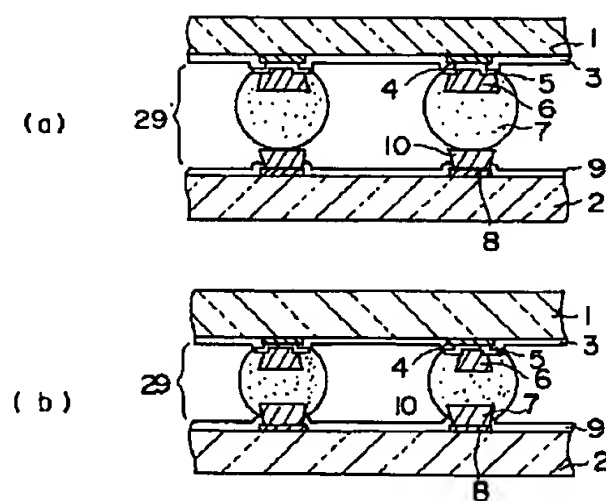
【図19】



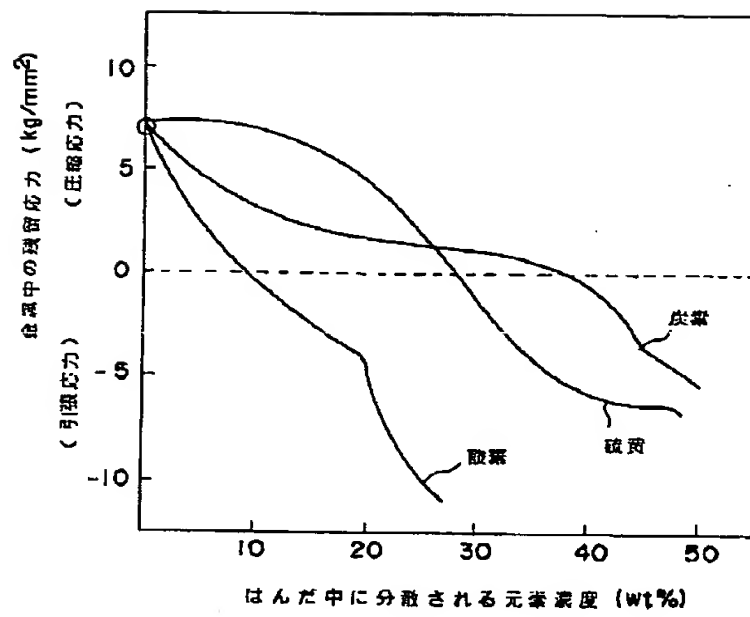
【図23】



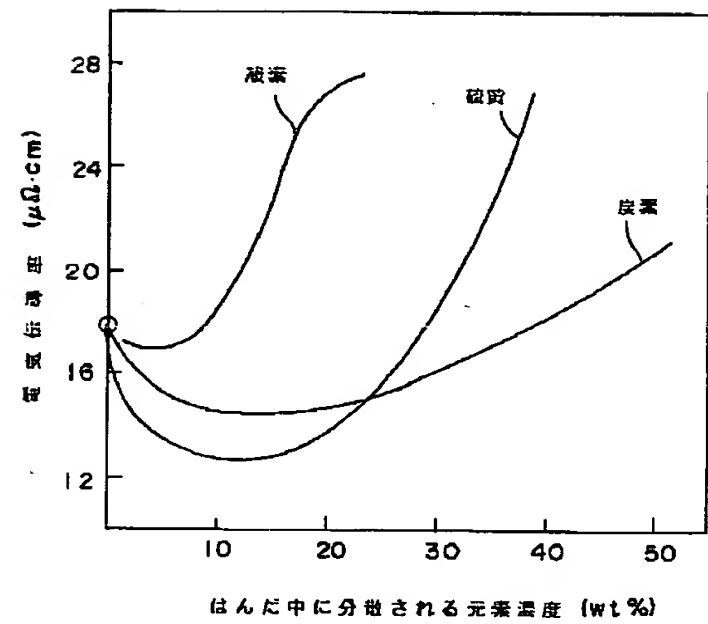
【図24】



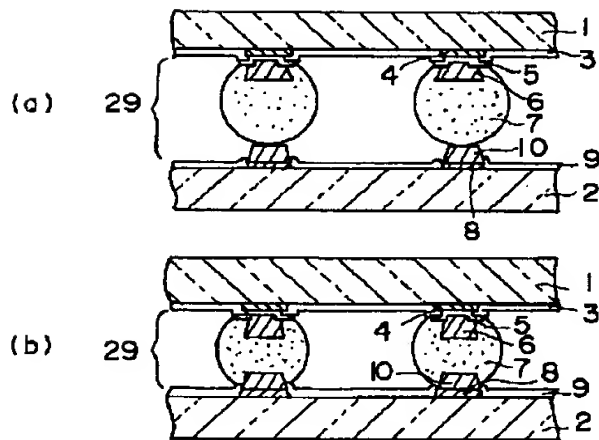
【図20】



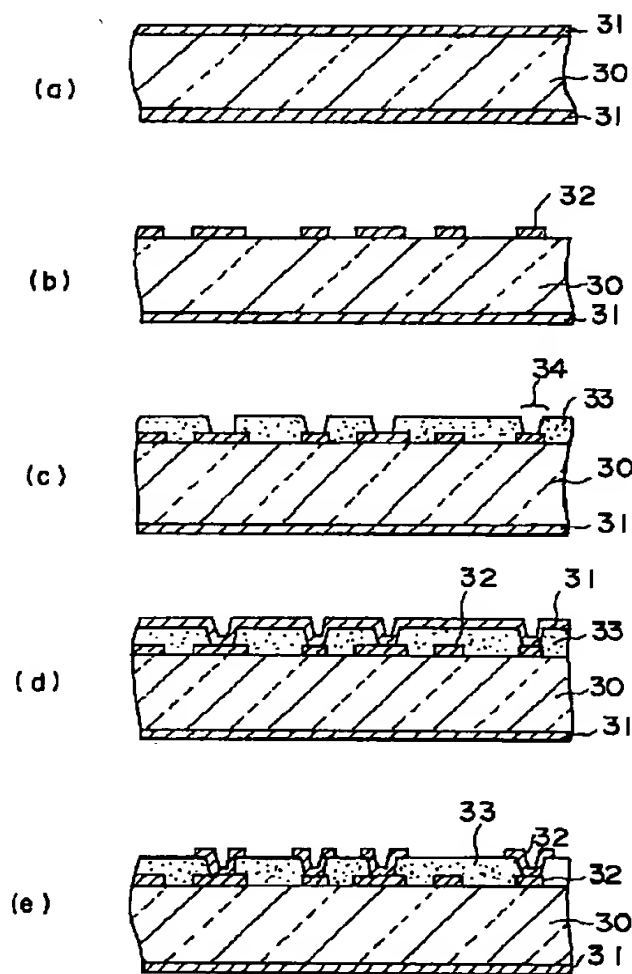
【図21】



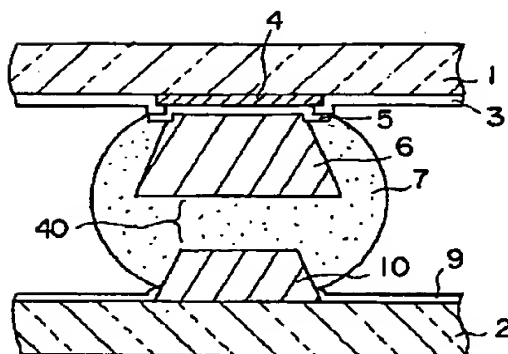
【図25】



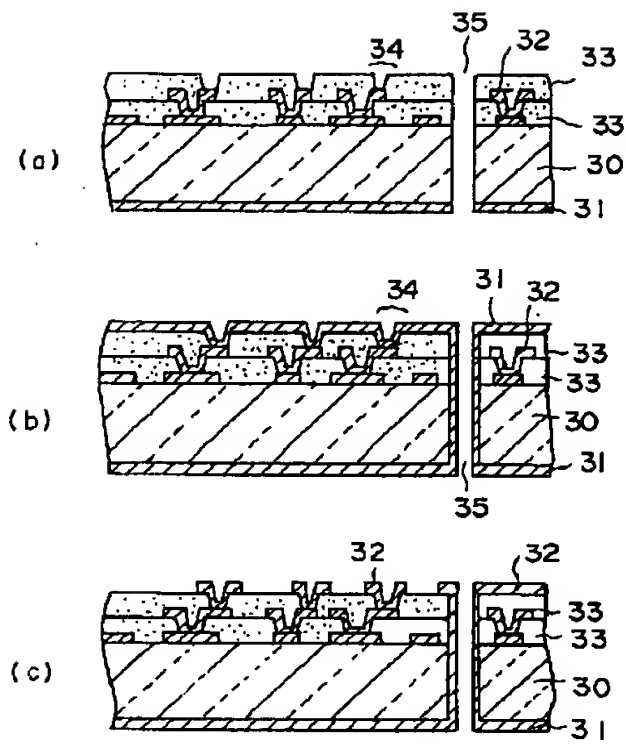
【図26】



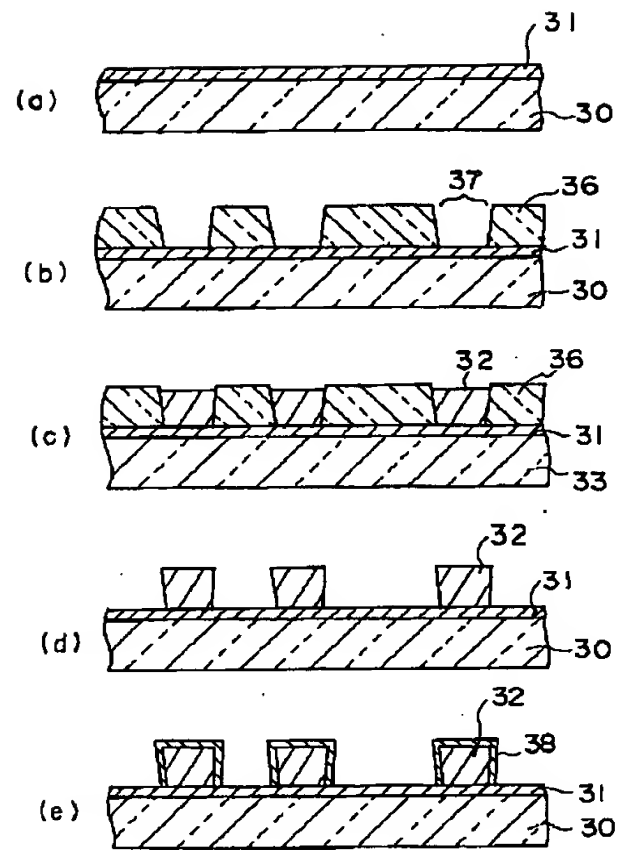
【図32】



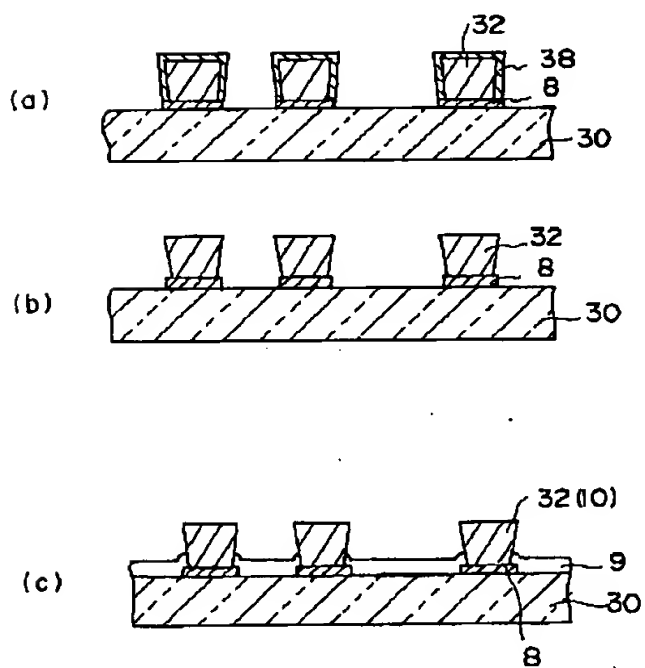
【図 27】



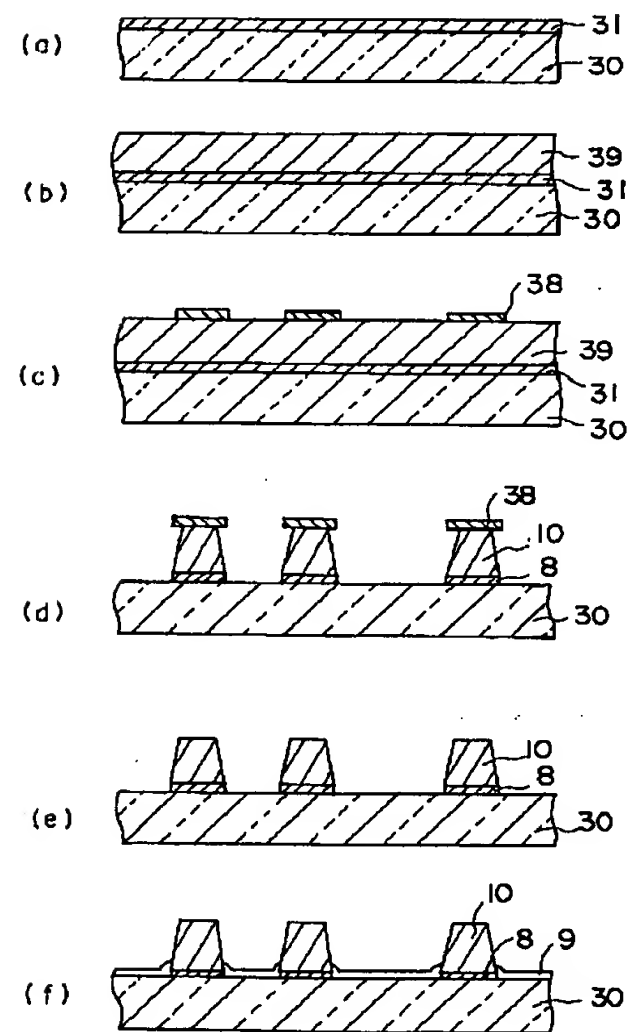
【図 28】



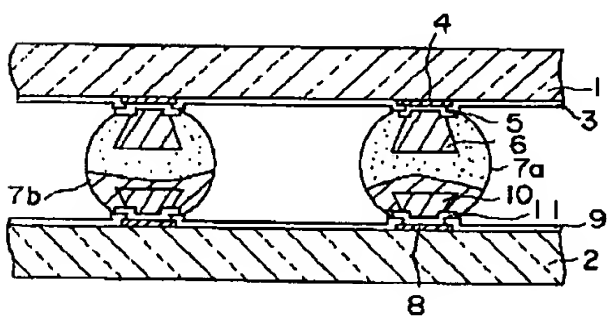
【図 29】



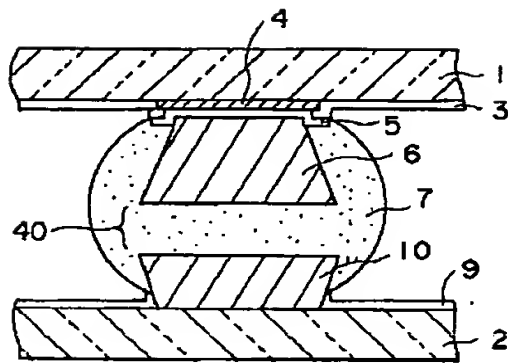
【図 30】



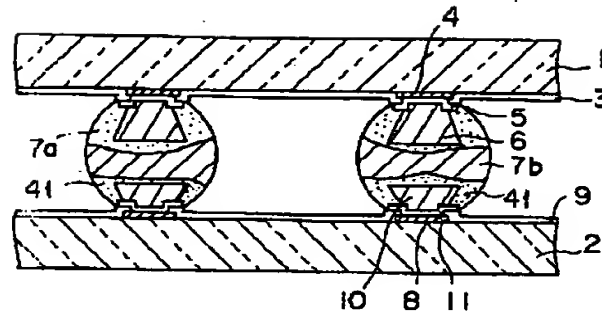
【図 33】



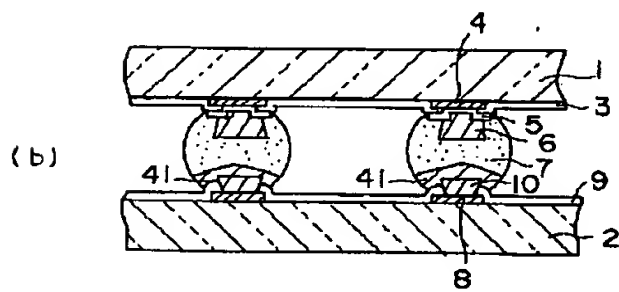
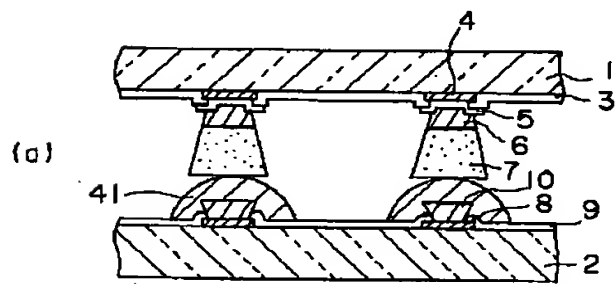
【図31】



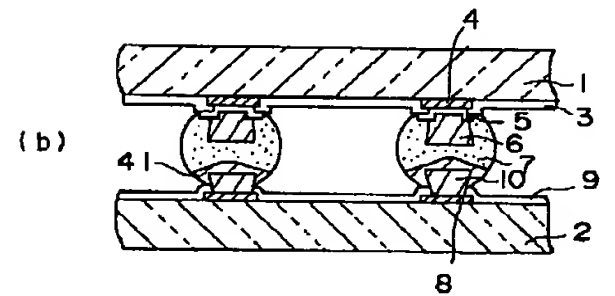
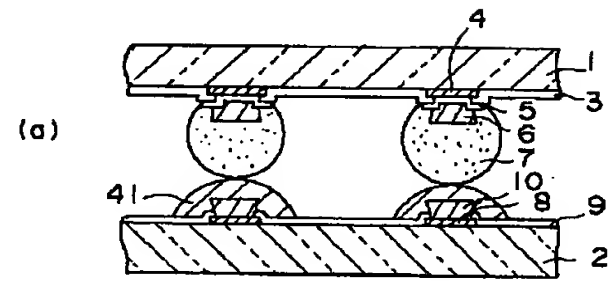
【図34】



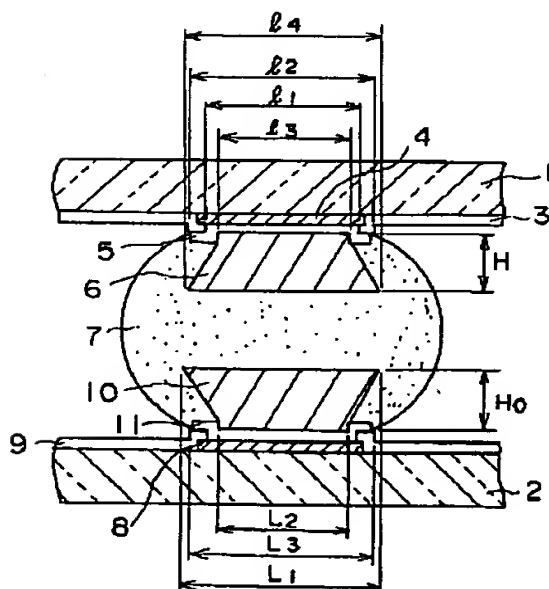
【図35】



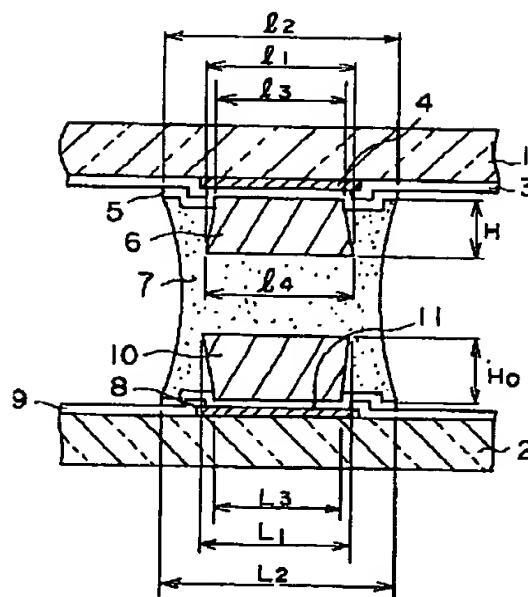
【図36】



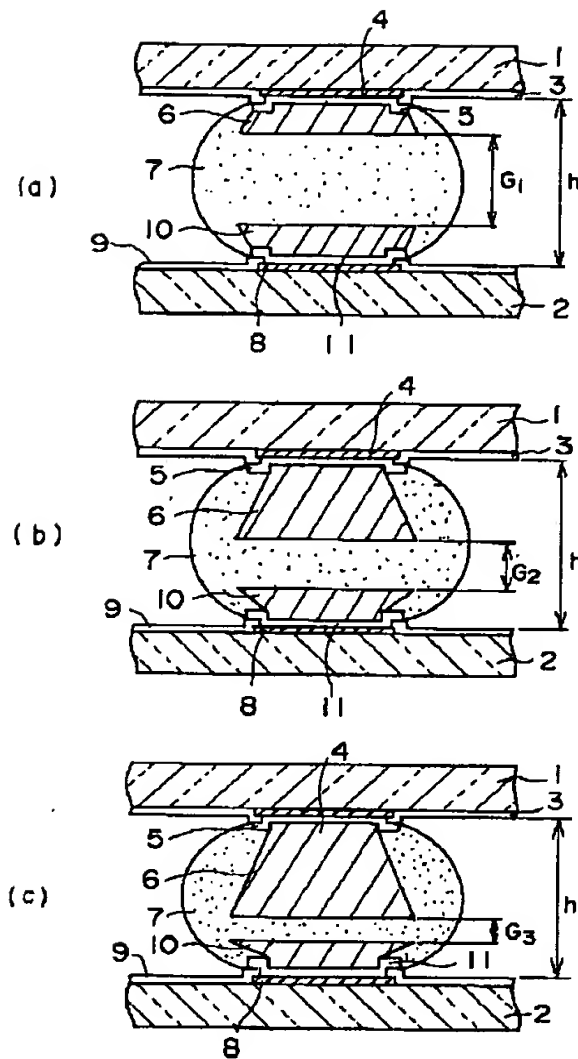
【図38】



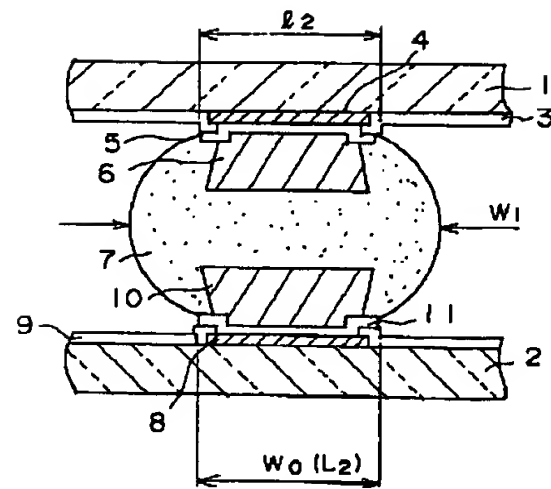
【図39】



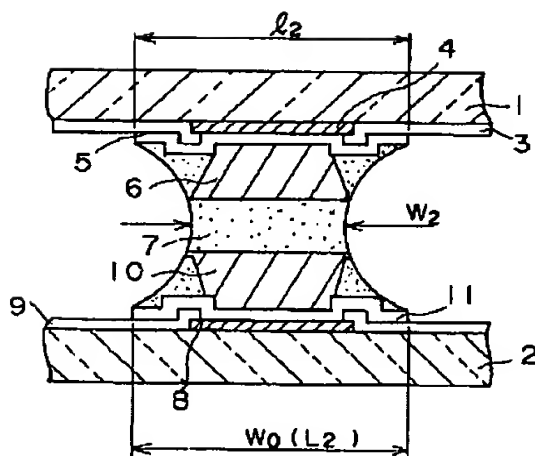
【図37】



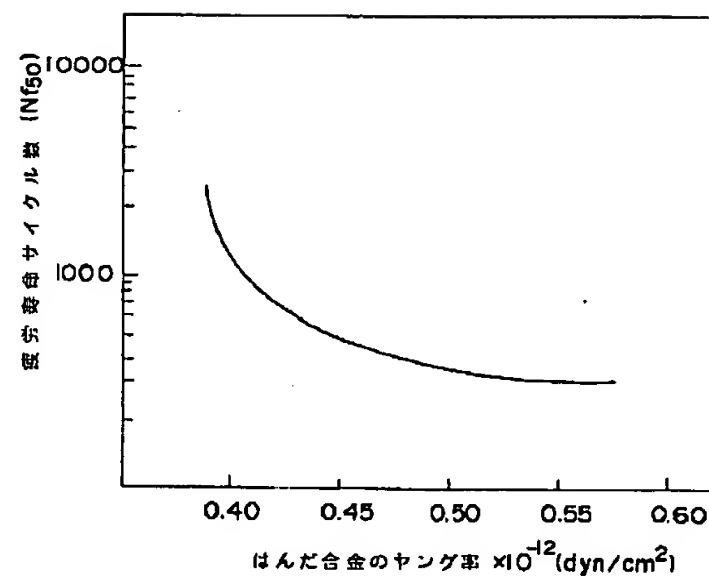
【図40】



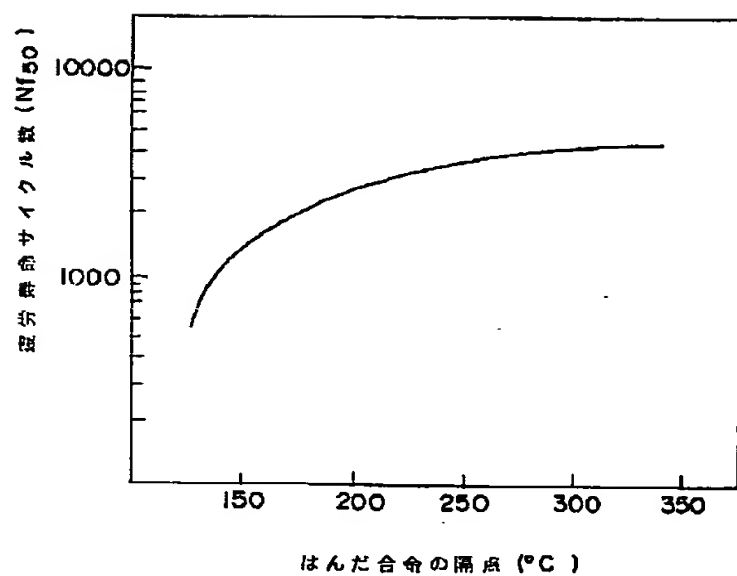
【図41】



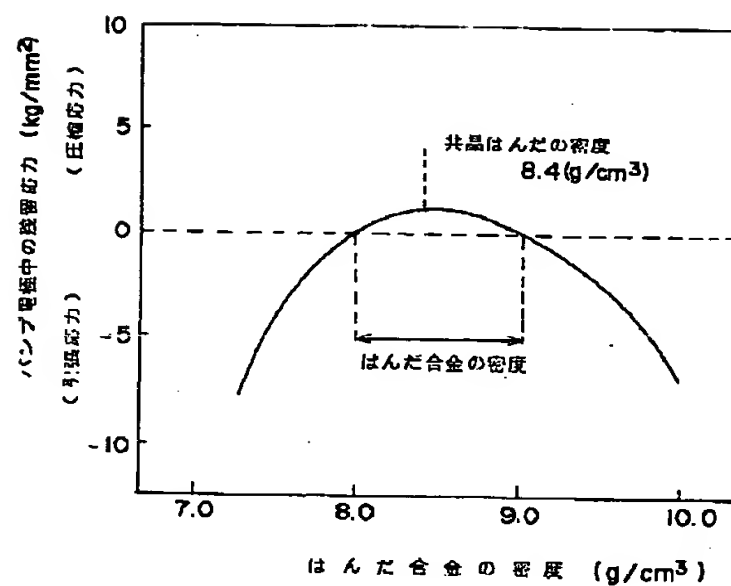
【図42】



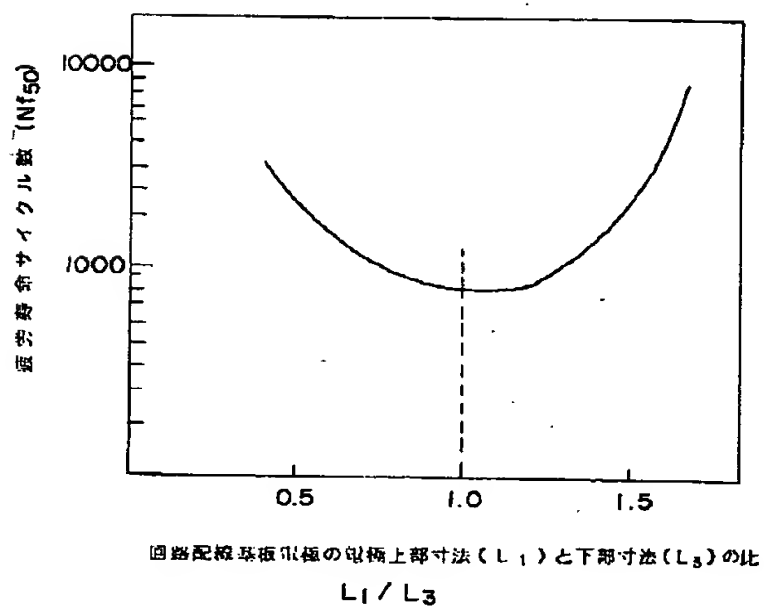
【図43】



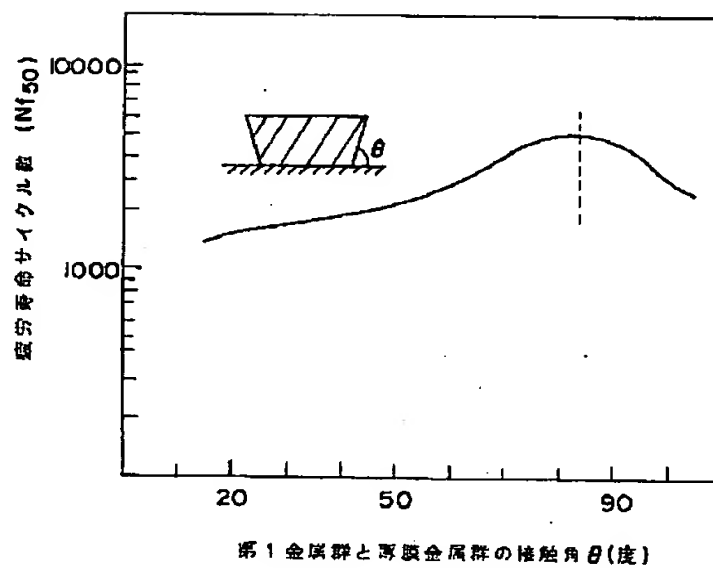
【図44】



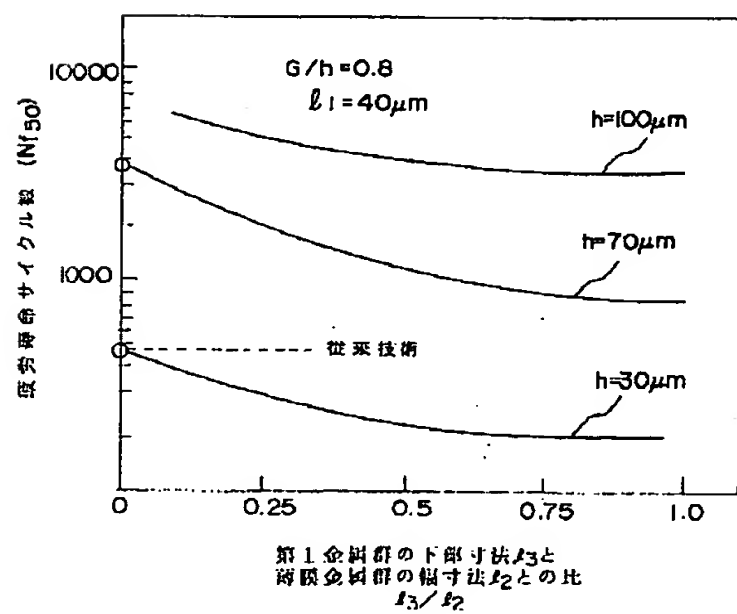
【図45】



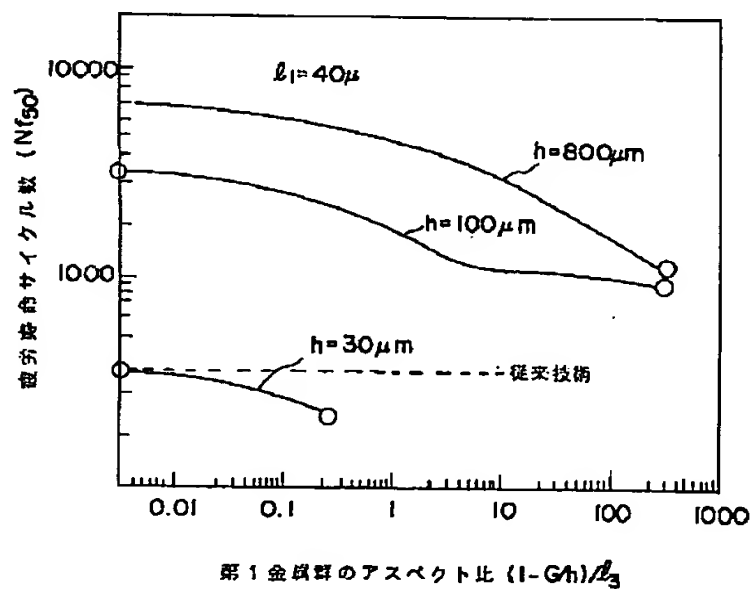
【図46】



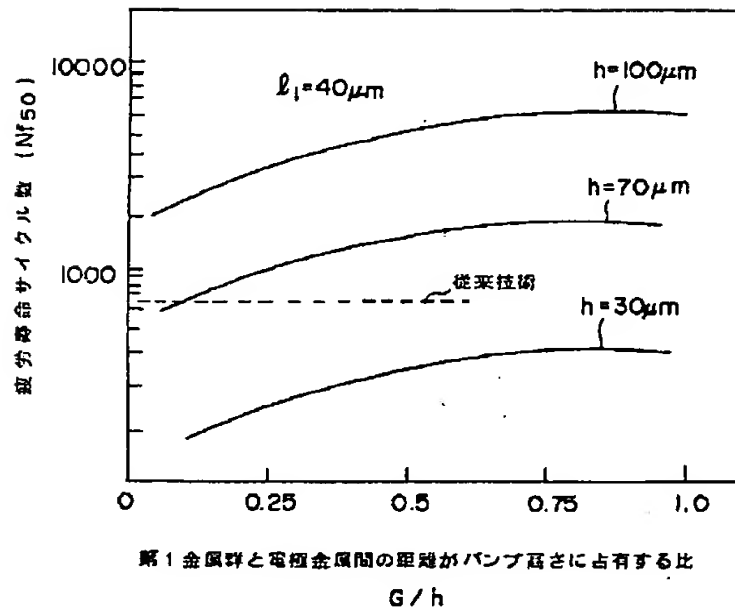
【図47】



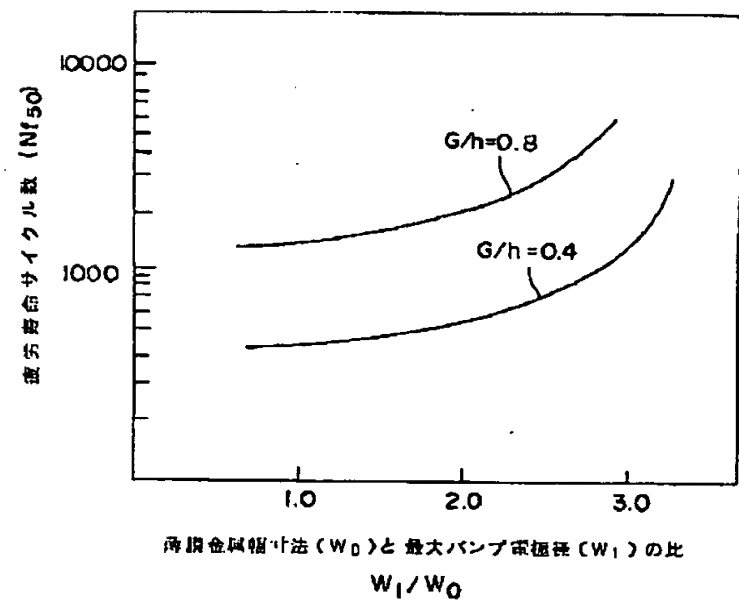
【図48】



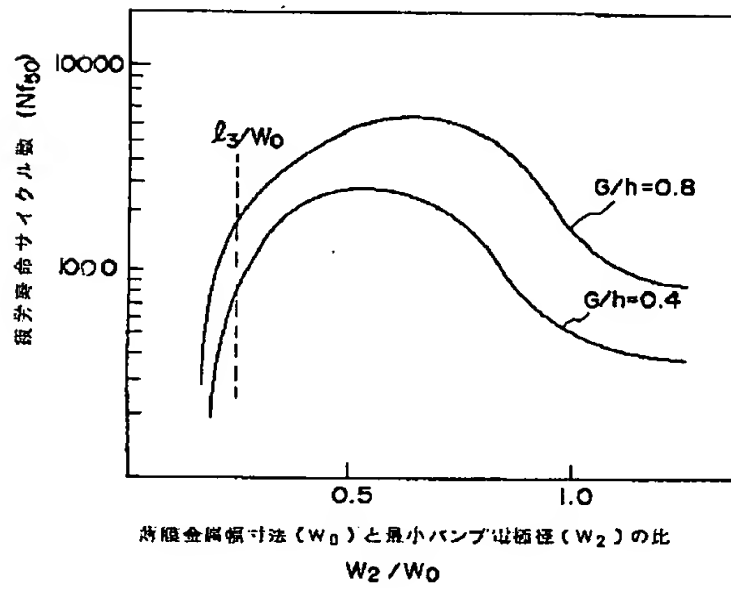
【図49】



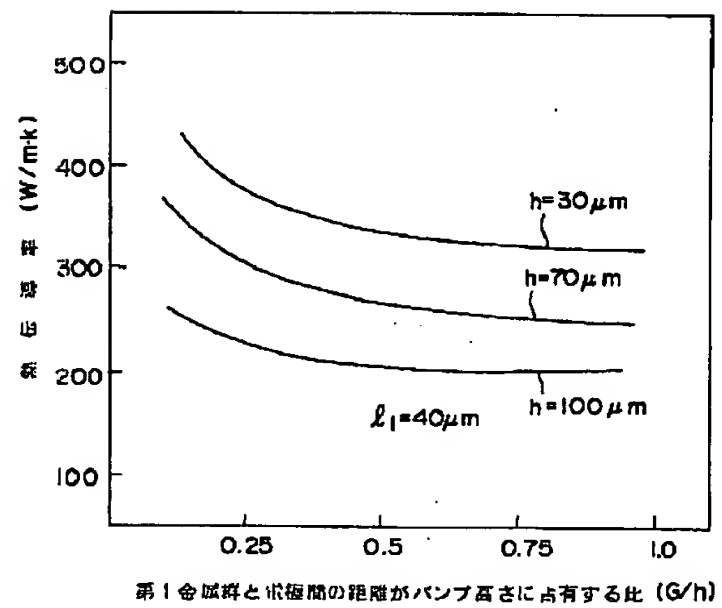
【図50】



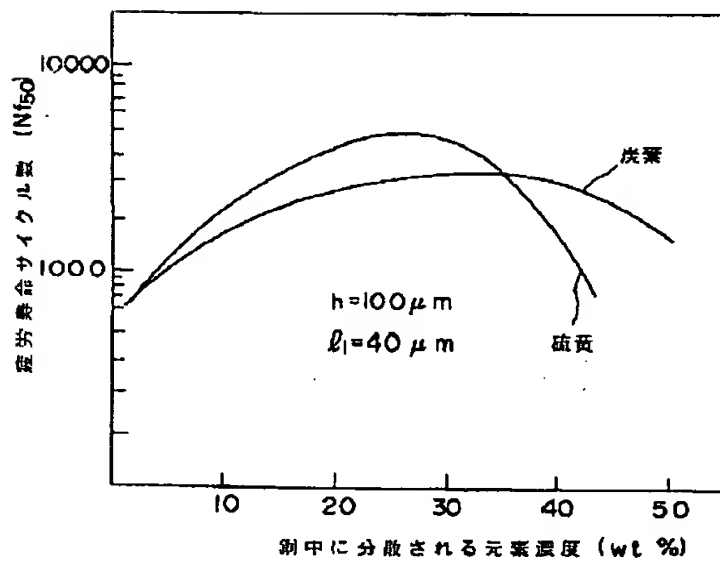
【図51】



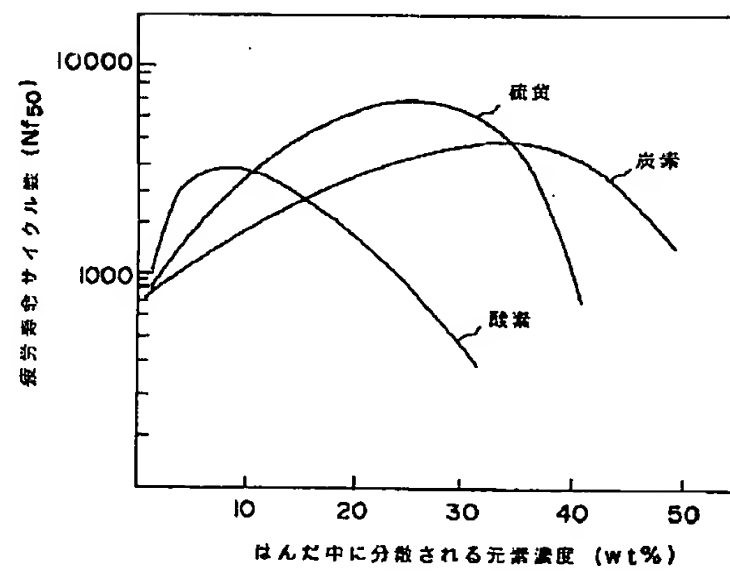
【図52】



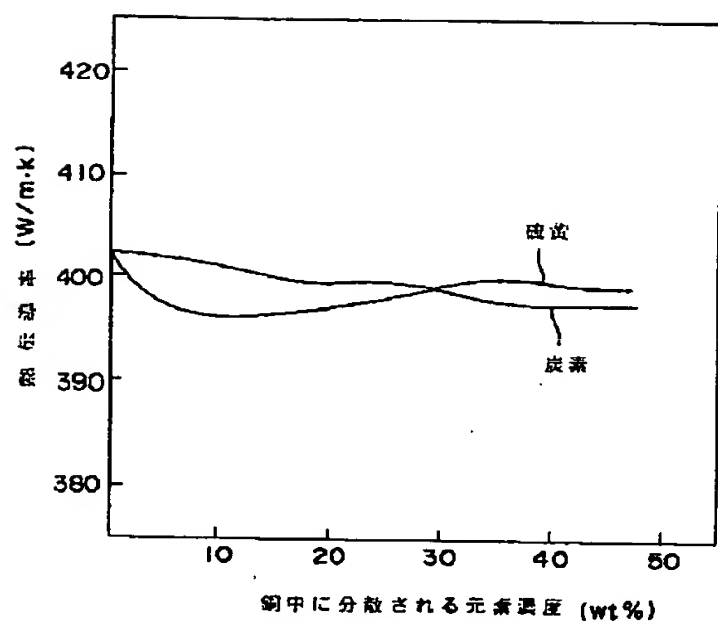
【図53】



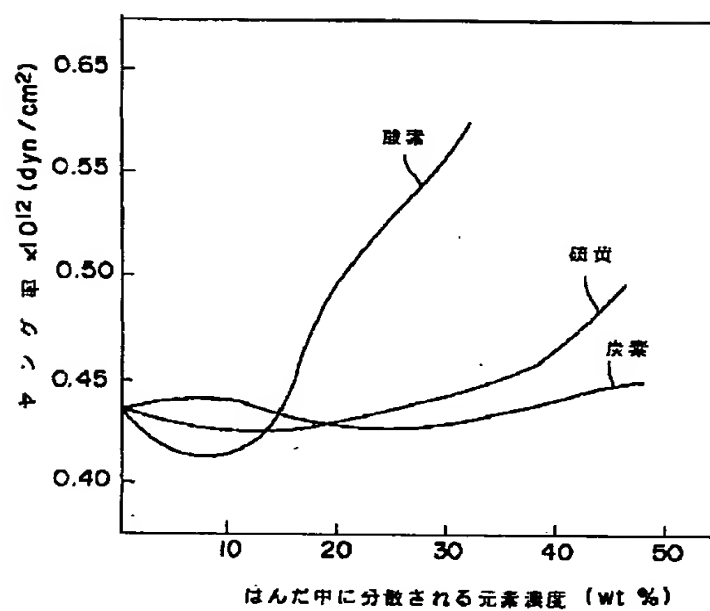
【図54】



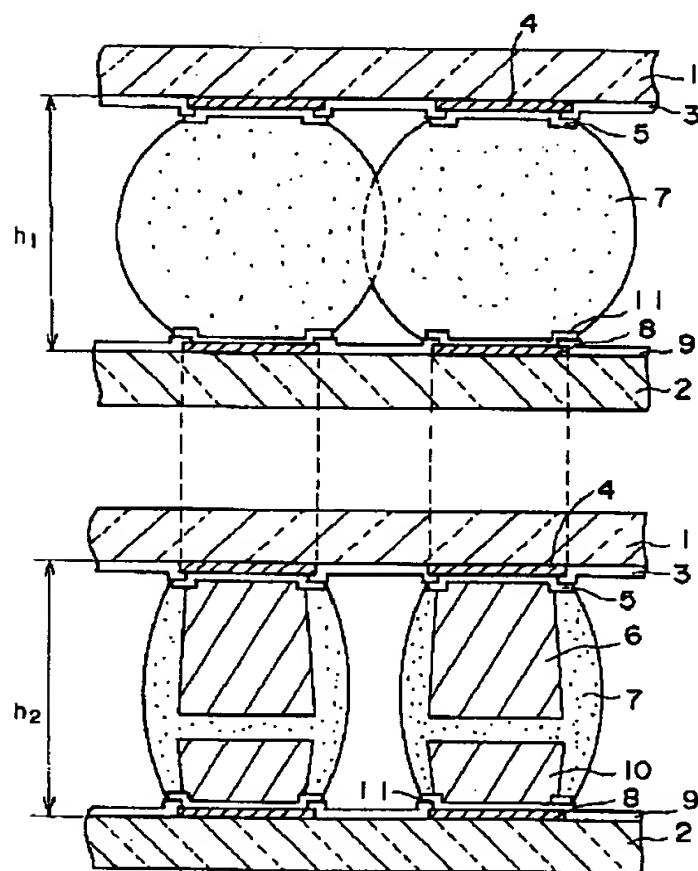
【図55】



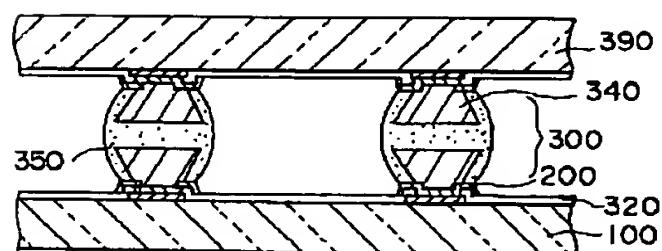
【図56】



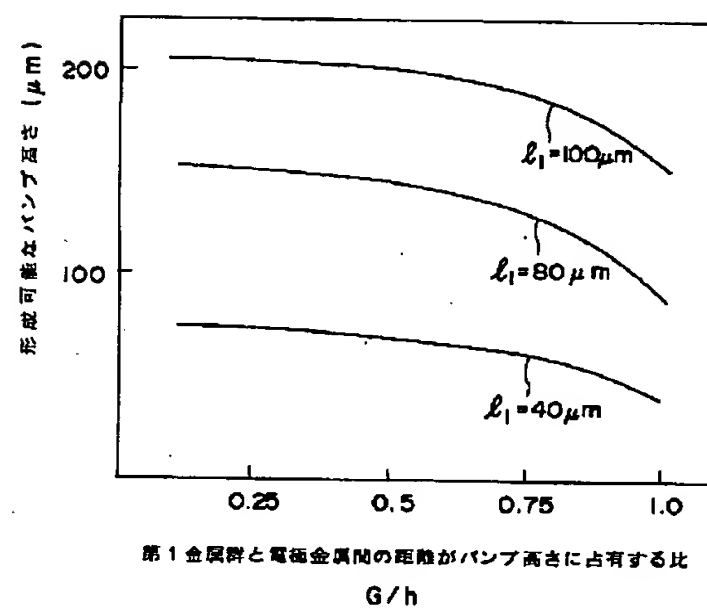
【図57】



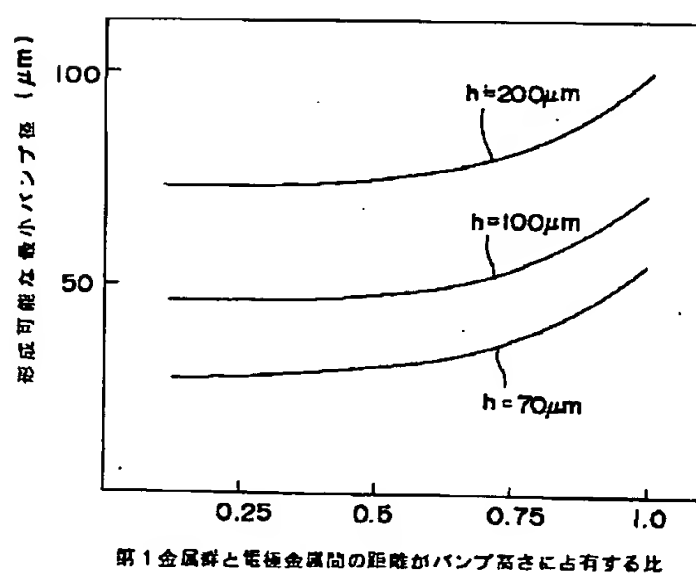
【図62】



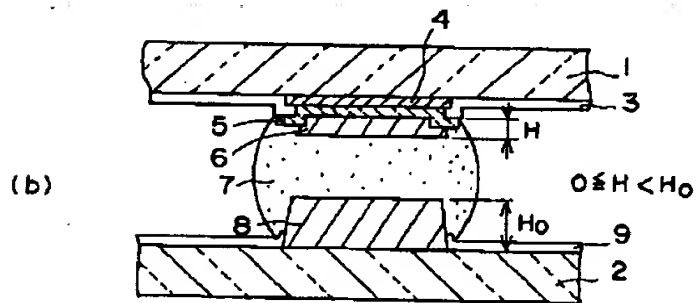
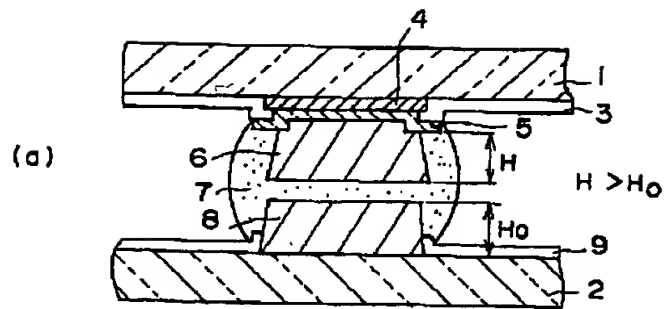
【図58】



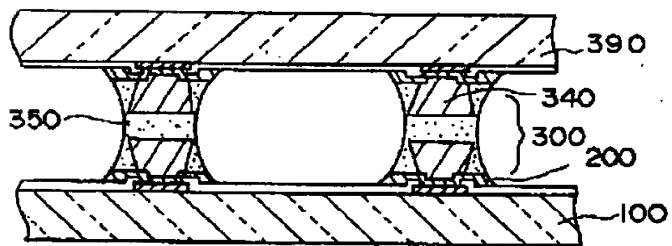
【図59】



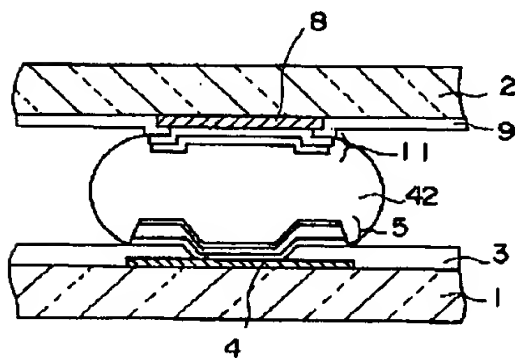
【図60】



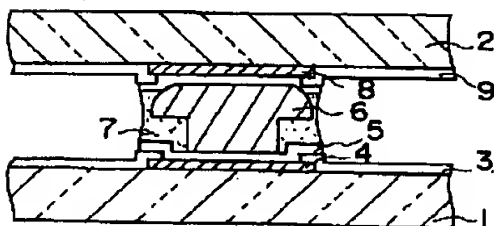
【図63】



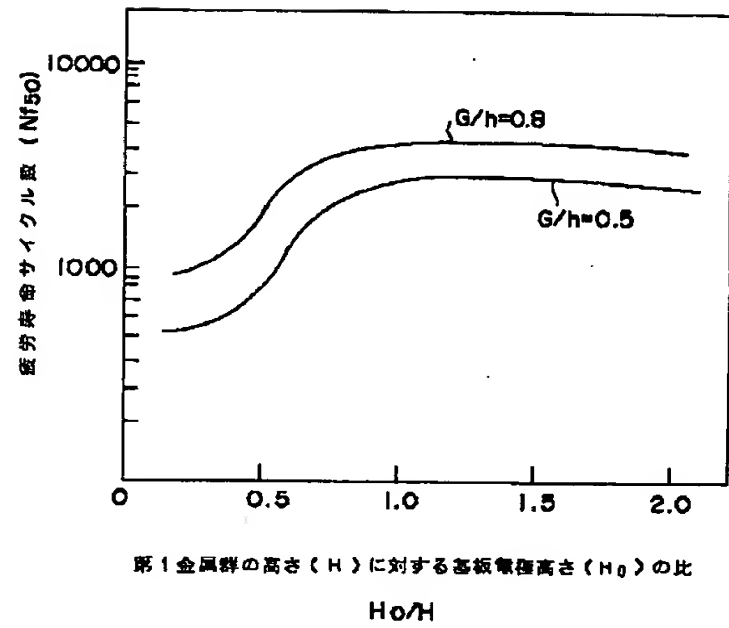
【図68】



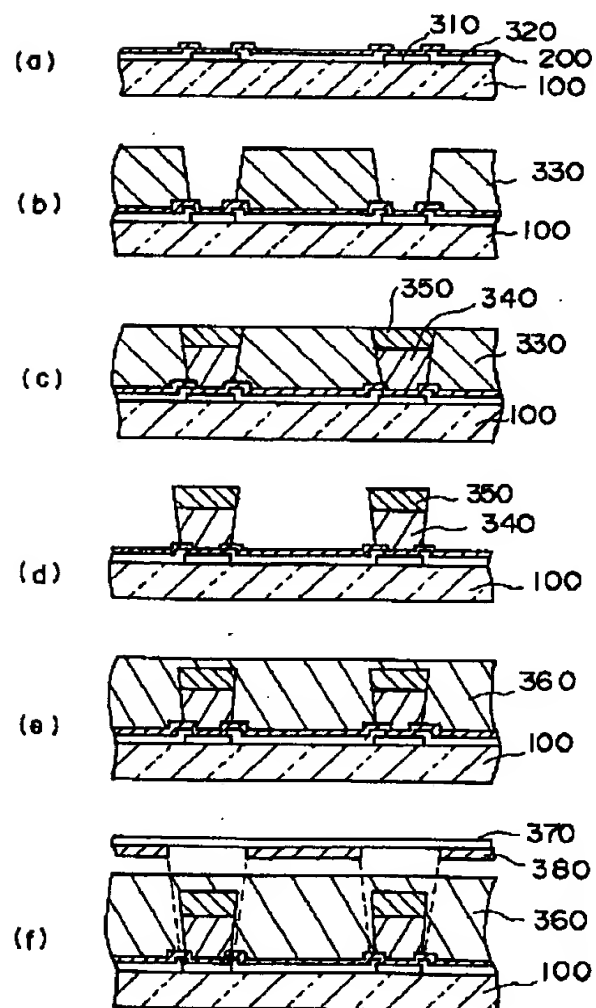
【図70】



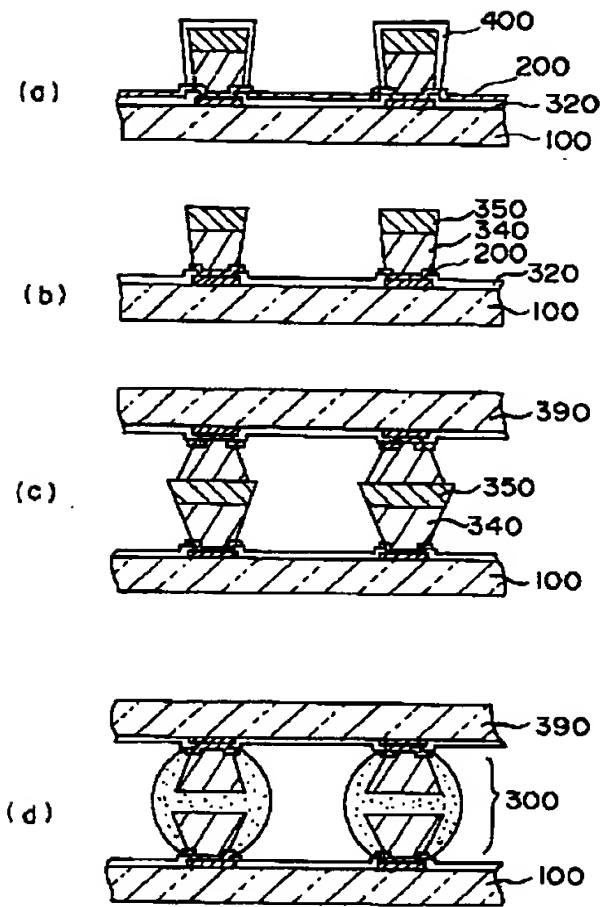
【図61】



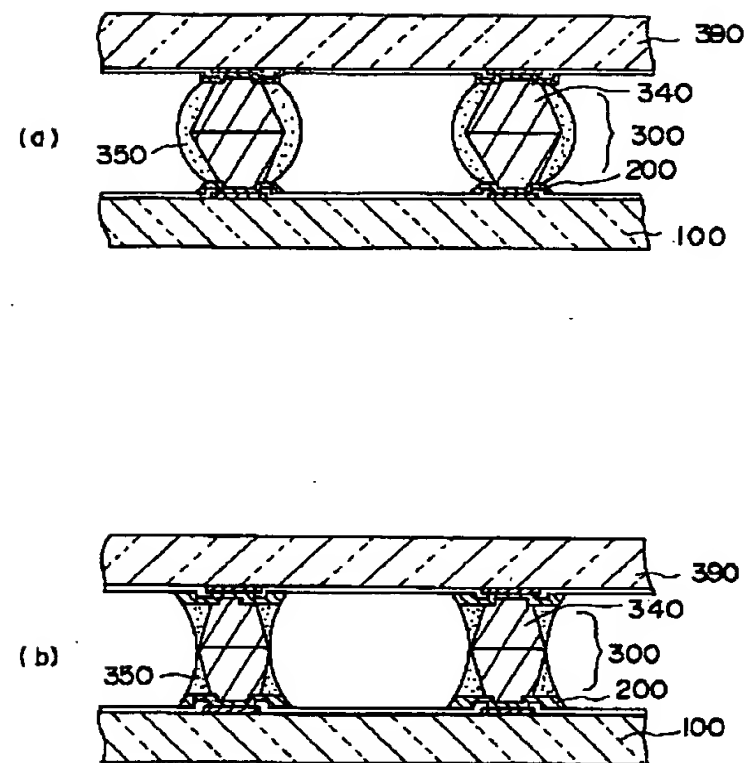
【図64】



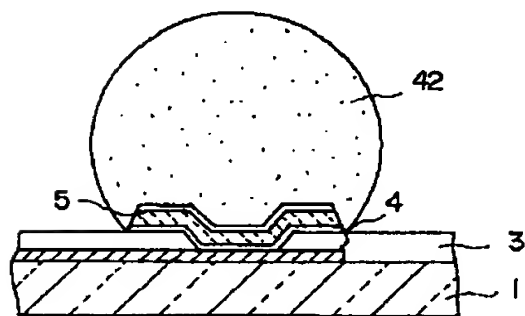
【図65】



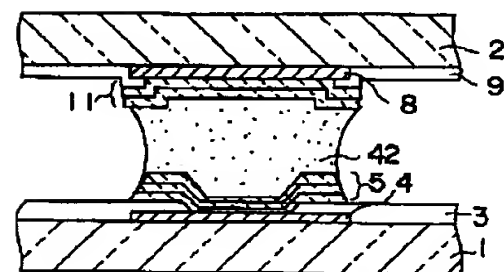
【図66】



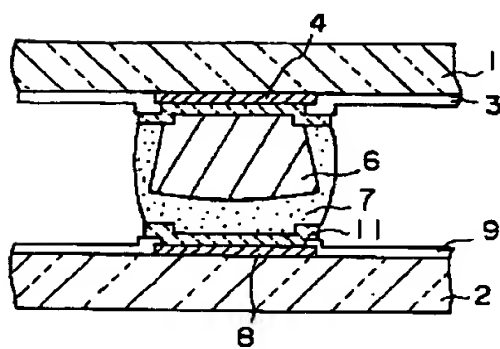
【図67】



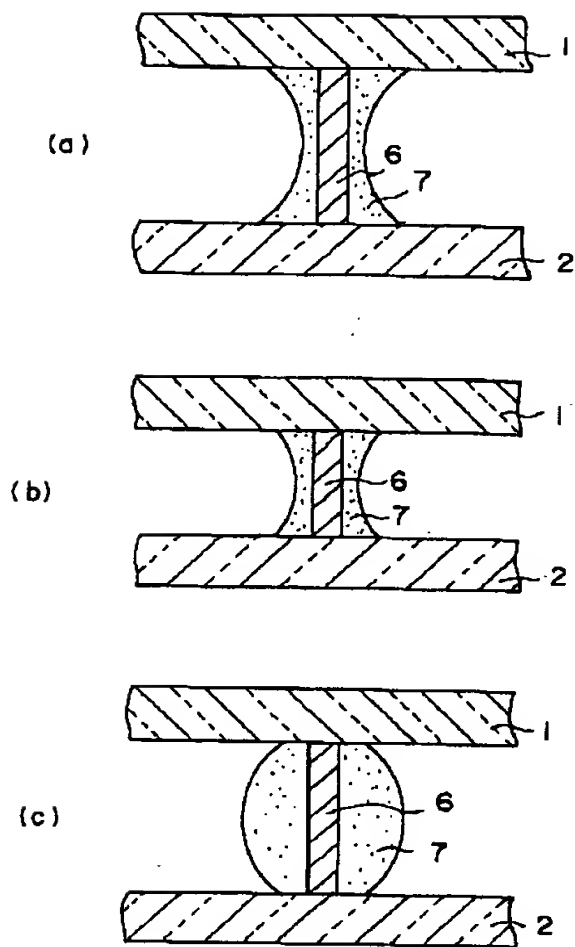
【図69】



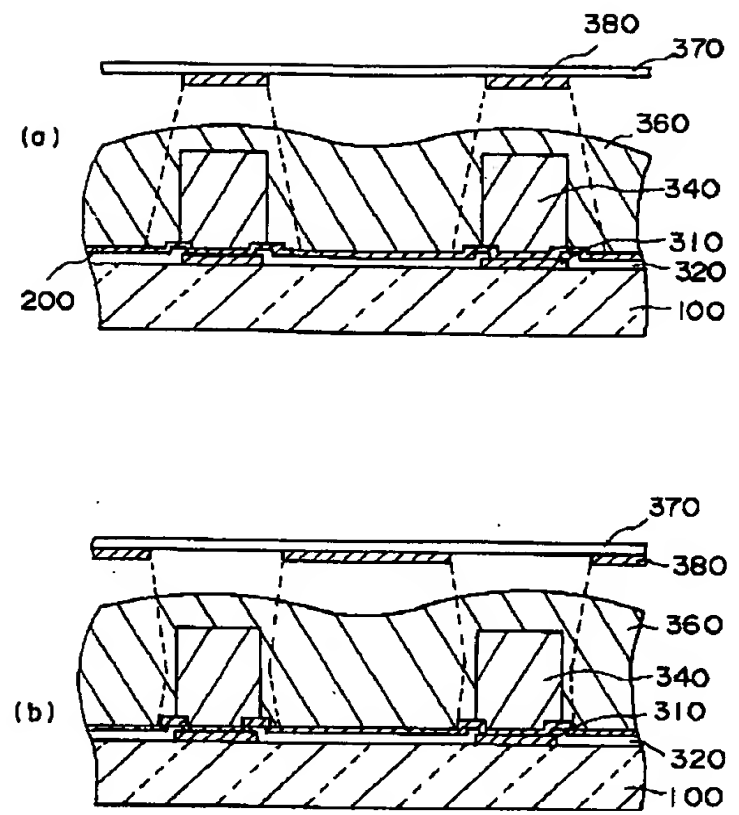
【図72】



【図71】



【図73】



THIS PAGE BLANK (USPTO)